



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

**KÖRNYEZETI ÉS GAZDÁLKODÁSI TÉNYEZŐK HATÁSA A KUKORICA
ÉS ŐSZI BÚZA KULTÚRÁK GYOMNÖVÉNYZETÉRE KELET-
MAGYARORSZÁGON VÉGZETT GYOMFELVÉTELEZÉSEK ALAPJÁN**

Doktori (PhD) értekezés

Tóth Erzsébet

Gödöllő

2025

A doktori iskola

megnevezése: Agrár- és Élelmiszertudományi Doktori Iskola

tudományága: Növénytermesztési- és kertészeti tudományok

vezetője: Dr. Kovács Melinda

Egyetemi tanár, az MTA r. tagja

témavezető: Dr. Zalai Mihály

Egyetemi docens, PhD

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Növényvédelmi Intézet

Integrált Növényvédelmi Tanszék

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS	5
2. CÉLKITŰZÉSEK	7
3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	8
3.1. A kukorica jelentősége	8
3.2. Kukorica botanikai és agronómiai bemutatása	9
3.2.1. A kukorica éghajlat- és környezetigénye	10
3.2.2. A kukorica talaj- és tápanyagigénye	11
3.2.3. A kukorica agronómiai igénye	11
3.2.4. A kukorica gyomnövényzete	13
3.2.5. A kukorica gyomszabályozása	15
3.3. Az őszi búza jelentősége	20
3.4. Az őszi búza botanikai és agronómiai bemutatása	20
3.4.2. Talaj- és tápanyagigény	22
3.4.3. Agronómiai igény	23
3.4.4. Az őszi búza gyomnövényzete	24
3.4.5. Az őszi búza gyomszabályozása	26
3.5. A gyomosodást befolyásoló tényezők	28
3.5.1. A gyomosodást befolyásoló abiotikus tényezők	28
3.5.2. A gyomosodást befolyásoló biotikus tényezők	34
3.5.3. A gyomosodást befolyásoló agrotechnikai tényezők	34
3.6. A gyomszabályozásról	37
3.6.1. Integrált gyomszabályozás	38
3.6.2. Precíziós gyomszabályozás lehetőségei	41
4. ANYAG ÉS MÓDSZER	43
4.1. A mintavétel és az adatfeldolgozás módszereinek bemutatása	43
4.2. A vizsgálati helyszínek bemutatása	44
4.3. A kutatás módszerei	51
4.3.1. A gyomfelvételezés módszere	51
4.3.2. Adatelőkészítés és matematikai-statisztikai értékelés módszereinek bemutatása	57
5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELESÜK	60
5.1. Kukorica kultúrában végzett gyomnövényzet elemzés eredményei	60
5.2. A talajtani, környezeti és gazdálkodási tényezők hatása a teljes gyomborítottságra, a fajgazdagságra és a diverzitásra a felmért kukoricatáblákban	64
5.3. A környezeti és gazdálkodási változók hatása a gyomfaj-összetételre kukoricában	68

5.5. A talajtani, környezeti és gazdálkodási tényezők hatása a teljes gyomborítottságra, a fajgazdagságra és a diverzitásra a felmért kalászos táblákban	79
5.6 A magyarázó változók hatása a gyomflóra összetételére őszi búzában	82
6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK	89
6.1. A kukoricában végzett vizsgálatok alapján levont következtetések és javaslatok	89
6.2. Az őszi búzában végzett vizsgálatok alapján levont következtetések és javaslatok	97
7. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	103
8. ÖSSZEFOGLALÁS	105
9. SUMMARY	108
10. MELLÉKLETEK	111
10.1. Irodalomjegyzék	111
10.2. Függelékek	124
10.3. A kutatás témájában megjelent publikációk jegyzéke	131

1. BEVEZETÉS

A mezőgazdasági termelésre nehezedő környezeti és gazdasági nyomás az utóbbi évtizedekben jelentősen átalakította a magyar szántóföldi növénytermesztés szerkezetét. A klímaváltozás következtében tapasztalható csapadékeloszlási szélsőségek, a hőmérsékleti anomáliák és a globális piaci ingadozások egyre kiszámíthatatlanabbá teszik a termelést (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY 2024). A fenntartható, hatékony és környezetbarát növénytermesztés egyik kulcsa a növényállományok gyomviszonyainak pontos ismerete és kezelése, különösen olyan jelentős kultúrák esetén, mint a kukorica (*Zea mays* L.) és az őszi búza (*Triticum aestivum* L.). A FAOSTAT adatai alapján búzát 2023-ban, világviszonylatban 244 036 272 hektáron termeltek, kukoricát pedig 252 491 120 hektáron. A világ legnagyobb kukoricatermelő országai Kína, Amerikai Egyesült Államok, Brazília és India, míg a legnagyobb búzatermesztő országok India, Oroszország, Kína és az Amerikai Egyesült Államok voltak (FAOSTAT 2023).

A két vizsgált növénykultúra Magyarországon nemcsak nagy területi lefedettséggel bír, hanem stratégiai jelentőségű is: a búza elsősorban az élelmiszeripar alapanyagaként, míg a kukorica elsősorban takarmányként és ipari célokra (pl. bioetanol) kerül felhasználásra.

A FAOSTAT 2023-as adatai alapján Magyarországon a búzát 1 053 120 hektáron termesztették, amivel az ország a világ 33. legnagyobb búzatermesztő területével rendelkezett. A kukorica vetésterülete 770 690 hektár volt, amely a 45. helyet jelentette a globális rangsorban. A Központi Statisztikai Hivatal 2024-es adatai alapján a kukorica vetésterülete 906 800 hektár volt, az őszi búzáé 874 600 hektár volt (KSH 2025).

Mindkét növény termesztése hosszú hazai hagyományokra tekint vissza, ám az egyre változó környezeti feltételek és a növekvő gyomszabályozási kihívások újragondolást igényelnek az agrotechnikai gyakorlatok terén. A gyomszabályozás különösen kritikus kérdés mindkét kultúrában, hiszen a gyomnövények kompetíciója már alacsony borítási szinteken is jelentős termésvesztést okozhat (TEASDALE - CAVIGELLI 2010; FLESSNER et al. 2021; ADEUX et al. 2019.).

A gyomflóra összetételét és borítását számos tényező együttesen alakítja: talajfizikai és -kémiai paraméterek, éghajlati viszonyok, elővetemények, talajművelési módszerek, valamint a kijuttatott tápanyagok mennyisége és típusa. Az őszi búza esetében az áttelelő képesség fontos tényező a gyomnövények kiválasztódásában, így ott a hidegtűrő, kora tavasszal csírázó fajok dominanciája jellemző. Ezzel szemben a kukoricatáblákban nyár eleji, hő- és fényigényes fajok jelennek meg

tömegesen, különösen a tavaszi kelés és kezdeti fejlődési időszak során. Ebből adódóan a két kultúra gyomnövényzete ökológiai szempontból is jól elkülöníthető.

Az Európai Unióban és hazánkban egyre szűkül a rendelkezésre álló gyomirtó szerek köre, amely tovább nehezíti a hatékony gyomszabályozást (NEBIH 1,2 2025). Különösen fontos tehát a nem-kémiai módszerek, például a mechanikai gyomirtás, a vetésforgó és a célzott talajművelés szerepének növelése. Az integrált gyomszabályozás elveinek alkalmazása elkerülhetetlenné vált. Ennek hatékony megvalósításához elengedhetetlen a gyomvegetáció pontos feltérképezése, a változásokat befolyásoló környezeti és agronómiai tényezők beazonosítása.

A doktori kutatásom célja az volt, hogy meghatározzam, mely környezeti (elsősorban talajfizikai és kémiai, valamint földrajzi) és gazdálkodási tényezők gyakorolnak meghatározó hatást a gyomnövényzetre kelet-magyarországi búza és kukoricatáblákban. A vizsgálatok 2018 és 2021 között zajlottak, kukorica esetében három, búza esetében négy eltérő adottságú régióban. A kutatás különös figyelmet fordított arra, hogy a gyomszabályozás szempontjából döntő fontosságú tényezőket, illetve a termelő által befolyásolható és nem befolyásolható változók hatását elkülönítse, és ezáltal hozzájáruljon egy célzott, helyspecifikus gyomszabályozási stratégia kidolgozásához.

Mindkét kultúrában célt volt feltárni a gyomflóra összetételét az – őszi búza esetében tavaszi, míg kukorica esetében nyár eleji – herbicides kezelés előtti időszakokban, a gyomnövényzet összes borítását, diverzitását, valamint ezek kapcsolatát a különböző környezeti (talaj- és időjárási) és gazdálkodási (művelés, elővetemény, tápanyagellátás) változókkal. A gyomfelvételezéseket egységes módszertannal, egymástól függetlenül, de összehasonlítható módon végeztem a két kultúrában. Eredményeimet kovariancia-analízis (ANCOVA) és redundancia-analízis (RDA) segítségével értékeltem.

2. CÉLKITŰZÉSEK

Kutatómunkám során célul tűztem ki, hogy feltárjam a gyomnövényzet összetételét, borítását és sokféleségét őszi búza és kukorica kultúrákban, azok herbicides kezelés előtti időszakában, több kelet-magyarországi régióban, négy éven keresztül végzett vizsgálatok alapján. A cél az volt, hogy az egyes gyomfajok előfordulásának és elterjedésének összefüggéseit azonosítsam a vizsgált térségek talajtani, környezeti és gazdálkodási sajátosságai mentén.

A vizsgálatok során az alábbi kérdésekre kerestem választ:

- Melyek a leggyakoribb és legnagyobb borítású gyomfajok az őszi búza és a kukorica kultúrákban a vizsgált régiókban?
- Milyen fajgazdagság, borítottság és diverzitás jellemzi az adott területek gyomflóráját, illetve ezek hogyan alakulnak a különböző régiók, évek és termesztéstechnológiák függvényében?
- Milyen talajtani (pl. humusztartalom, pH, mikro- és makrotápanyagok), környezeti (pl. éghajlati jellemzők, földrajzi koordináták), valamint mezőgazdasági (pl. művelési mód, tápanyag-utánpótlás, elővetemény) változók hatnak leginkább a gyomflóra összetételére, fajszáma és gyomszintjére a két kultúrában?
- Megállapíthatók-e olyan gyomfajok, amelyek indikátorfajként szolgálhatnak bizonyos termesztési rendszerekre vagy környezeti adottságokra vonatkozóan a vizsgált régiókban?
- Milyen mértékű hatása van a gazdálkodók által befolyásolható tényezőknek (pl. talajművelés típusa, trágyázás, vetésforgó) a gyomközösségek szerkezetére összehasonlítva a klíma és a régió hatásával?

A vizsgálatok célja nemcsak a gyomflóra jelen állapotának feltérképezése volt, hanem annak azonosítása is, hogy mely gazdálkodási döntések segíthetik elő a gyomosodás csökkentését és a fajösszetétel kedvező irányú befolyásolását. Az eredmények várhatóan hozzájárulnak ahhoz, hogy a termesztők tudatosabban alakíthassák a gyomszabályozási stratégiákat a fenntartható és versenyképes búza- és kukoricatermesztés érdekében.

3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

3.1. A kukorica jelentősége

A kukorica napjainkban a világ legjelentősebb kultúrnövényei között van a búza és a rizs mellett. A FAOSTAT 2023-as adatait összesítve, 208.272.220 hektárról takarítottak be kukoricát a világban. A betakarított termésmennyiség 1.241.801.714 tonna volt ebben az évben.

A FAOSTAT 2023-as adatai szerint a legnagyobb területen Kínában (44.256.978 ha), az Egyesült Államokban (35.010.950 ha), Brazíliában (22.316.340 ha), Indiában (10.743.603 ha) és Argentínában (8.104.641 ha) termeltek és takarítottak be kukoricát. Magyarország 2023-ban 770.690 ha-ról takarított be kukoricát, ezzel a 43. helyen szerepel a világon.

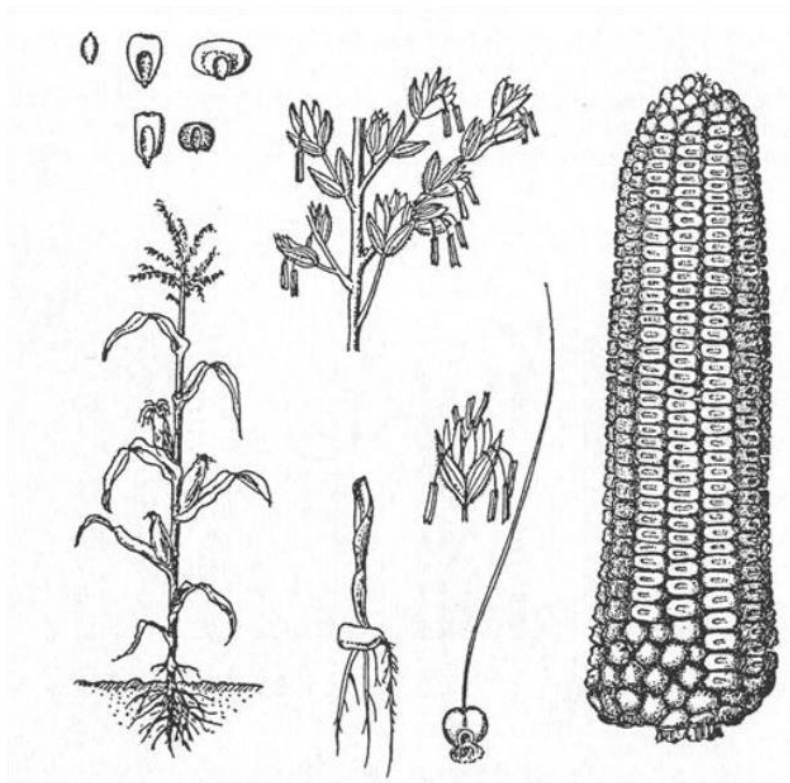
Kiemelkedő termelési mennyisége sokoldalú felhasználhatóságának köszönhető. Világszerte alapvető takarmánynövényként szolgál – legyen szó szemes, abrak- vagy zöldtakarmányról –, emellett ipari nyersanyagként is jelentős szerepe van. Egyes országokban hagyományosan része az emberi étrendnek, míg máshol elsősorban a modern biokonyha térnyerésével vált elterjedté élelmiszerként (KISS 2000).

Magyarországon az egyik legfontosabb szántóföldi növény a kukorica, bár a termésingadozás miatt sok bizonytalansággal kell szembenézniük a termelőknek. Ennek oka az időjárási szélsőségekkel magyarázható, 10 évből 7-8 év aszályos. 2022-ben pedig a rendkívüli aszály következtében az országos termésátlag mindössze 3,4 t/ha volt, 2023-ban pedig ennek több, mint a duplája, 8,1 tonna/hektár. 2024-ben a termésátlag 6 tonna/ha volt. (KSH, 2025).

A megtermelt kukorica mennyisége 2023-ban 6 278 912 tonna volt Magyarországon, ennek legnagyobb része takarmányfelhasználásra (2,3 millió tonna) és ipari feldolgozásra (2,2 millió tonna) került, 1,4 millió tonna pedig exportra. A 2024-es adatok alapján 5 328 706 tonna volt a megtermelt mennyiség (KSH, 2025).

3.2. Kukorica botanikai és agronómiai bemutatása

A kukorica (*Zea mays* L.) egyszikű növény, a Gramineae-k családjába, a kukoricafélék Maydeae rajába tartozik, ahová a kukoricán kívül még hét nemzetség (genus) tartozik, azonban a *Zea* nemzetségbe csak a kukorica tartozik. Az 1. ábrán a kukorica habitusképe látható.



1. ábra: A kukorica (*Zea mays* L.) habitusképe (IVÁNY et al. 1994)

A kukorica egylaki növény, amely különálló hím- és nővirágzatot fejleszt ugyanazon az egyeden belül. A hímvirágzat, azaz a címer, és a női virágzat, a torzsa, eltérő helyeken található. Gyökérzete két részre osztható: elsődleges (főgyökér) és másodlagos (mellékgökerek). A főgyökér mélyen a talajrétegbe hatol, a másodlagos gyökerek sűrű, bojtos rendszert alkotnak, a talaj felső rétegeiben pedig finom hajszálgyökerek találhatóak, amelyek a harmatot és kevés csapadékot is képesek hasznosítani. A járulékos gyökerek egy része mélyre hatol, így segítenek a tél folyamán felgyülemlett víz hasznosításában is. A tenyészidő alatt a 2., 3., és 4. nódusból újabb járulékos gyökérzetek jelennek meg. Szára magas (általában 150–250 cm), hengeres és vastag, a nóduszok internódiumokra tagolódnak. A levelek száma megfelel a nóduszok számának, és azok a kalászos gabonák leveleinél szélesebbek és hosszabbak. A kukorica szemtermése színezetében változatos lehet: sárga, fehér, vörös, lila, vagy ezek különféle árnyalatai. A talaj feletti nóduszokból fejlődő támasztógyökerek, az

ún. harmatgyökerek, a növény stabilitását növelik és a harmatvíz felvételében is szerepet játszanak (ANTAL et al. 2005; IVÁNY et al. 1994).

3.2.1. A kukorica éghajlat- és környezetigénye

A Kárpát-medence éppen a szemeskukorica termesztésének északi határán helyezkedik el, mivel a növény rendkívül melegigényes. Rövidnappalos faj, így nemcsak a hőmérséklet, hanem a fényperiódus hossza is jelentős hatással van termesztetőségére. A kukorica a mérsékelt égöv 42–45. szélességi fokai között adja a legjobb termést. Fotoszintézise a C4-es típusba tartozik, ami hatékonyabb vízfelhasználást és jobb tűrőképességet biztosít meleg, száraz körülmények között, mivel nappal képes gázcsere nyílásait zárva tartani a párologtatás csökkentése érdekében (ANTAL et al. 2005; IVÁNY et al. 1994).

A csírázáshoz legalább 10 °C-os talajhőmérséklet szükséges a vetés mélységében. A kelés időszakában jelentkező lehűlés vagy hőingadozás (8–10 °C alatti hőmérséklet) akadályozhatja az egyenletes fejlődést. Kedvezőtlen környezeti hatások esetén a növekedés leállhat, ilyenkor gyakori a levélhüvely antociános elszíneződése, illetve a levéllemez sárgás színűvé válása. Az őszi fagyok, szintén komoly károkat okozhatnak: a levelek elszáradnak, a fotoszintézis megszűnik, így a szemek nem telnek ki, a csövek töppedtek és kényszerérettek lesznek (ANTAL et al. 2005).

A címerhányástól az érésig az ideális hőmérséklet 24–26 °C, míg a hajtások fejlődéséhez 25–35 °C a legkedvezőbb tartomány. A kukorica teljes vegetációs időszakban 450–550 mm vizet igényel. Napi szinten 4,5–5,5 mm/ha (azaz 45–55 m³/ha) vízfogyasztással számolhatunk. A július és az augusztus a legkritikusabb a virágzás és a szemképződés miatt. Ha ebben az időszakban vízhiány lép fel, a levelek fokozatosan száradnak, ami 20–50%-os terméseszköket, vagy extrém esetben teljes termésvesztést is okozhat. A vízhiány negatív hatása csökkenthető megfelelő talajműveléssel, a korábbi csapadék megőrzésével, pontos tápanyagellátással, növénykondicionálók használatával és töszám-beállítással, valamint gyommentes állapot fenntartásával (ANTAL et al. 2005; NAGY, 2021).

A magyarországi kukoricatermesztés évről évre csökkenő tendenciát mutat, mind termőterület, mind termésátlag tekintetében. A termelés egyre magasabb kockázattal jár a nyári aszályok miatt. A termelés biztonságosabbá tétele öntözéssel megoldható, ugyanakkor ez nagy mértékben terheli a környezetet, tovább szárítja a tájat és magas költségekkel jár. Ezzel összefüggésben például

Törökország délkeleti régiójában, Mardin térségében betiltották a kukoricatermesztést, mivel az rendkívüli víz- és energiaválságot okozott a térségben (KOHUT 2025).

3.2.2. A kukorica talaj- és tápanyagigénye

A kukorica nem kedveli a hideg, nehezen felmelegedő, kötött talajokat, mivel ezek gyakrabban idéznek elő kedvezőtlen feltételeket. A csírázás talajhőmérsékleti minimuma 10 °C. Különösen érzékeny a talaj szellőzőtségére, rossz levegőellátottság esetén a fejlődése is visszaesik. Bár 5,5–8,0 közötti pH-értéktartományban is képes fejlődni, a legkedvezőbb a 6,5–7,5 pH-jú talaj. A szántóföldi növények közül a kukorica tápanyagigénye kiemelkedő, így alaptrágyázás nélkül nem célszerű termesztani. Legnagyobb mennyiségben nitrogént igényel, de a kálium iránti szükséglete is jelentős, míg foszforból közepes mennyiséget vesz fel. Emellett kalciumra (Ca) és magnéziumra (Mg) is szüksége van. A mikroelemek közül a cink (Zn) és réz (Cu) hiányára érzékeny. Egy tonna szemterméssel (és a hozzá kapcsolódó szármennyiséggel) a kukorica körülbelül 28 kg nitrogént, 11 kg foszfort és 30 kg káliumot vesz fel a talajból (ANTAL et al. 2005).

3.2.3. A kukorica agronómiai igénye

A kukorica szinte bármilyen olyan elővetemény után sikeresen termesztethető, amely elég korán lekerül a területről ahhoz, hogy a megfelelő minőségű vetőágy előkészítését el lehessen végezni. A vetésforgó megtervezésénél gyakran a búza, illetve egyéb kalászosok elhelyezése az elsődleges szempont. Általános szabály, hogy a vízigényes kultúrák (például cukorrépa, napraforgó) után nem célszerű kukoricát vetni. A kukorica több évig képes önmaga után is eredményesen teremni, jól viseli a monokultúrát. Ha a betakarítása késlekedik, akkor tavasszal vethető kultúrákat (pl. tavaszi gabonák, kender, dohány) lehet utána ültetni (IVÁNYI et al. 1994).

Az őszi talajművelés többféle megközelítés szerint történhet. Lehet az őszi alapművelést szántással vagy lazítással végezni, ügyelve arra, hogy ne maradjon rögzös a talajfelszín (ANTAL et al. 2005). A modern megközelítések a talaj minimális megbolygatására törekednek, csökkentve az eróziót és javítva a talaj vízháztartását. Forgatás nélküli talaj-előkészítés (például nehéz tárcsás borona vagy kombinált kultivátor használata) hatékony lazítást, porhanyítást és a gyomtevékenység korlátozását teszi lehetővé. A korszerű, talajkímélő művelési eljárások elősegítik a talaj beéledését, amely során beindulnak a kedvező biológiai folyamatok: megnövekszik a mikroorganizmusok és alacsonyabb

rendű élőlények száma, javul a talajszerkezet, és fokozatosan kialakul a morzsalékos állapot. Ez a szerkezet a víz- és levegőgazdálkodás szempontjából egyaránt előnyös. Az ilyen módszerek lényege, hogy a művelt réteget csak korlátozott mértékben bolygatják. Ez megvalósulhat például úgy, hogy nem az egész felszínt munkálják meg, csupán sekélyen dolgoznak, vagy nem minden évben kezelik a teljes réteget, illetve teljesen mellőzik a talaj forgatását. Ilyen technológiák közé tartozik a no-tillage/zero tillage (direktvetés), a slot planting (hasítékvetés), a strip tillage (sávós művelés és vetés egy menetben), valamint a ridge till (bakhátas művelés és vetés). A forgatás nélküli művelés során alkalmazhatók tárcsás, rövidtárcsás, kultivátoros vagy rotációs talajművelő eszközök, amelyek jellemzően sekélyen (jellemzően 8–10 cm, de esetenként akár 2–3 cm mélységben) dolgoznak. A szármaradványokat részben a talajba keverik, részben a felszínen hagyják. A gyomszabályozás során a mechanikai és herbicides módszereket kombinálják, így csökkentve a talaj felesleges bolygatását, különösen a nyári, száraz időszakokban (DÓKA et al. 2024).

Tavasszal a simítózást követően szükség szerint ápolni kell a talajt, hogy gyommentes maradjon. A magágyat kombinátorral, 10–12 cm mélységben célszerű előkészíteni. (ANTAL et al. 2005). A cél a gyors és egyöntetű kelés biztosítása. Az ideális magágy nem poros, hanem aprómorzás szerkezetű, pórusaránya közelíti az optimális szilárd–légnemű arányt ($\sim 55/45$), kellően ülepedett, nyirkos és mentes a gyomoktól. A megfelelő fizikai tulajdonságokkal rendelkező vetőágyban az egységes nedvességeloszlás és a pontos vetési mélység teremti meg az egyenletes kelés feltételeit. A magágykészítés során törekedni kell arra, hogy a munkafolyamat minél kevesebb talajmozgatással és nedvességvesztéssel járjon, elkerülje a talaj porosítását, elősegítse a kijuttatott tápanyagok (például starter műtrágyák) és növényvédő szerek hasznosulását, valamint támogassa a csírázás és kelés folyamatát. A tavaszi vetésű növények magágyának kialakításához – a változatos ökológiai viszonyok és talajtípusok függvényében – a legegyszerűbb művelőeszközöktől kezdve egészen a nagy munkaszélességű, több műveletet egy menetben végző kombinált berendezésekig sokféle géptípus alkalmazható: fogasboronák, rugós szárú kultivátorok, forgóboronák (KELEMEN 2024).

A kukorica hibridek vetését már 9–10 °C-os talajhőmérsékleten is el lehet kezdeni, de a fajtaleírás alapján mindig pontosan tájékozódni kell. Az optimális vetési időszak április 10. és május 2. között van, ugyanakkor ez az időszak az elmúlt években előrébb tolódott, akár március végére is. A vetés pneumatikus szemenkénti vetőgéppel történik, 70–76,2 cm-es sortávolság és 16–22 cm-es tőtávolság mellett, 5–6 cm mélységbe (ANTAL et al. 2005).

A tőszám az egyik legmeghatározóbb tényező a hozam szempontjából. Az utóbbi évek egyre szárazabb időjárása és a csökkenő tápanyag-utánpótlás miatt a korábbi, magasabb tőszámokat

célszerű mérsékelni. A legmagasabb hozamok elérése érdekében FAO 200-as hibrideknél 57 600 tő/ha, FAO 300-as csoportnál 64 300 tő/ha, a FAO 400-as csoportnál 68 700 tő/ha, a FAO 500-as hibrideknél 66 800 tő/ha, a FAO 600-as csoportnál pedig 63 500 tő/ha javasolt DJALOVIC 2024-es kísérlete alapján (DJALOVIC et al. 2024).

Biológiai és gazdasági szempontból a kukorica érési folyamata elválik egymástól. Biológiai érettségről beszélünk, amikor megszűnik a tápanyagforgalmi kapcsolat a csutka és a szemek között. A biológiai érettségi állapot beálltakor a szemek nedvességtartalma 30-35 %. Gazdasági szempontból a felhasználási cél a mérvadó az érettségi fok meghatározásakor (szemeskukorica, nedves szemeskukorica, siló). Az érettségi fokokat vizuális módszerekkel (felszáradás foka, a cső lekonyulása, kupanyom és az ún. *black layer* megjelenése, tejvonal előrehaladása), tapintási módszerrel és műszerek segítségével ítéljük meg. A különböző szempontú érettségi fokokra biztonságos becslést ad a szemnedvesség értéke. 28%-os szemnedvességnél már el lehet kezdeni a betakarítást, de ekkor még a szárítási költségek nagyon magasak lehetnek, ezért a gazdák arra törekednek, hogy ez az érték minél alacsonyabb legyen (SZIEBERTH 2021). Ugyanakkor, az elmúlt években a száraz, aszályos időjárása miatt előfordult, hogy szárításra nem volt szükség betakarítás után (HARSÁNYI 2024).

3.2.4. A kukorica gyomnövényzete

A kukoricatáblák gyomflórája Magyarországon rendkívül változatos. A gyomfajok összetétele jelentős mértékben eltér az egyes régiókban, amit olyan tényezők befolyásolnak, mint a talajtípus, a vetésforgó gyakorlata, az éghajlati viszonyok, valamint az alkalmazott gyomszabályozási stratégiák. Általánosságban elmondható, hogy a késő tavasszal és nyáron csírázó, melegkedvelő (termofil) egyéves gyomnövények – amelyek optimális csírázási hőmérséklete 18 és 30 °C között van – jelentik a legnagyobb veszélyt. Ezek a fajok tömegesen jelennek meg a nyár elején, különösen a kukorica kelését követően, és intenzív versengésbe kezdenek a víért és a tápanyagokért. Ilyen jellemző fajok például a *Chenopodium* fajok, *Amaranthus* fajok, *Datura stramonium*, *Setaria* fajok és az *Echinochloa crus-galli* (HUNYADI 2011).

A *Chenopodium album* széles körű előfordulását kukoricában számos tanulmány igazolta. A faj a világ öt legelterjedtebb gyomnövénye közé tartozik, kukoricában a hetedik leggyakoribb gyom, és az Amerikai Egyesült Államok Corn Belt régiójában évtizedek óta az egyik legproblémásabb faj (FORCELLA et al. 1992; CLEMENTS et al. 1996). Egy 2011-ben végzett, 11 európai országra

kiterjedő felmérés (Belgium, Csehország, Dánia, Franciaország, Németország, Magyarország, Lengyelország, Olaszország, Románia, Spanyolország, Egyesült Királyság) összesen 203 gyomfajt azonosított; ezek közül 61-et soroltak a „nagyon gyakori” kategóriába, azonban mind a 11 országban egyedül a *Chenopodium album* kapta ezt a besorolást (JENSEN et al. 2011).

Az *Echinochloa crus-galli* világszerte elterjedt a szántóföldi kultúrákban, mivel széles ökológiai tűrőképességének köszönhetően különböző környezeti feltételek mellett is képes csírázni és virágozni (KEELEY - THULLEN 1989). VIDOTTO és munkatársai (2016) olaszországi kukorica-gyomfelvételezéseikben az *E. crus-galli*-t és a *Chenopodium album*-ot azonosították a legelterjedtebb fajokként.

Az évelő gyomnövények is komoly kihívást jelentenek a kukoricatermesztésben. Olyan fajok, mint a *Cirsium arvense*, *Convolvulus arvensis* és a nedves területeken különösen elterjedt *Phragmites australis* mélyre hatoló gyökérrendszerükkel és regenerálódási képességükkel nehezen irthatók. Ezek az évelők nemcsak a termés hozamot csökkentik, hanem a betakarítást is megnehezítik. Kiemelten problémás gyom az évelő egyszikű *Sorghum halepense*, amely gyors terjedéséről és a gyomirtó szerekkel szembeni ellenállásáról ismert. Különösen nagy gondot jelent a *szulfonilurea*-típusú herbicidekkel szemben rezisztens *S. halepense* megjelenése, amely tovább nehezíti a védekezést (GRACZA et al. 2015). Bár az ilyen típusú rezisztencia első dokumentált esete Magyarországon a 2000-es évek elejére tehető, valószínűsíthető, hogy már az 1990-es évek végén kialakult, összefüggésben a rimszulfuron és nikoszulfuron típusú szulfonilurea-gyomirtók intenzív, ismétlődő használatával.

A Hatodik Országos Szántóföldi Gyomfelvételezés (2018–2019) eredményei alapján jelentős változások történtek a magyar kukoricatáblák gyomnövény-összetételében a korábbi évtizedekhez képest (NOVÁK et al. 2019). Bár az összesített gyomborítottság csökkent, több faj még mindig komoly problémát okoz. Jelenleg országos átlagban a három legdominánsabb gyomnövény a kukoricában: *Echinochloa crus-galli*, *Ambrosia artemisiifolia*, és *Chenopodium album*. Ezek közül az *E. crus-galli* nemcsak a nyár elején a legelterjedtebb, hanem később is nagy borítottságot mutat. Az egyéves egyszikű gyomfajok közül szintén megfigyelhető volt több faj terjedése, így például a *Setaria pumila*, *Setaria viridis* és a *Digitaria sanguinalis*, amelyek továbbra is nagy egyedszámban vannak jelen. Emellett erőteljes terjedést mutat az *Abutilon theophrasti* és a *Sorghum halepense* is, amelyek szintén megnehezítik a gyomszabályozást (1. táblázat).

1. táblázat: A kukorica nyáreleji legjelentősebb gyomfajai az országos gyomfelvételezési adatok alapján (NOVÁK et al. 2019)

Gyomnövény latin neve	1947-53		1969-71		1987-88		1996-97		2007-2008		2018-19	
	F-sor	Borítás (%)	F-sor	Borítás (%)	F-sor	Borítás (%)	F-sor	Borítás (%)	F-sor	Borítás (%)	F-sor	Borítás (%)
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	18	0,42	6	1,17	4	4,15	1	7,74	1	8,72	1	7,57
<i>Chenopodium album</i> L.	3	2,29	4	3,09	3	5,23	4	4,56	3	6,77	2	6,31
<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P. Beauv.	7	1,68	1	7,22	1	8,52	2	7,67	2	8,35	3	6,25
<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.			55	0,05	11	0,77	9	1,57	11	1,46	4	2,56
<i>Setaria pumila</i> (Poir.) Schult.	5	1,80	2	3,50	6	1,39	12	0,94	4	3,15	5	2,04
<i>Datura stramonium</i> L.	107	0,01	37	0,12	12	0,75	5	2,09	7	1,91	6	1,84
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	13	0,98	5	2,84	2	5,88	3	7,16	5	2,76	7	1,70
<i>Helianthus annuus</i> L.			175	0,00	23	0,31	18	0,45	16	0,83	8	1,20
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	1	10,30	3	3,39	5	2,73	6	1,87	10	1,79	9	1,17
<i>Hibiscus trionum</i> L.	16	0,49	8	0,97	9	0,78	15	0,75	14	1,51	10	1,09
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	2	2,49	7	1,10	10	0,77	8	1,77	6	1,99	11	1,00
<i>Abutilon theophrasti</i> Medik.					40	0,09	16	0,60	15	0,97	12	0,98
<i>Chenopodium hybridum</i> L.	39	0,14	35	0,13	22	0,33	17	0,55	21	0,64	13	0,94
<i>Amaranthus powellii</i> S. Watson	62	0,05	10	0,77	7	1,10	7	1,87	9	1,83	14	0,84
<i>Panicum miliaceum</i> L.	119	0,01	113	0,01	15	0,57	10	1,20	8	1,90	15	0,79
<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	8	1,21	15	0,51	13	0,70	22	0,38	17	0,82	16	0,76
<i>Setaria viridis</i> (L.) P. Beauv.	4	2,02	9	0,81	20	0,40	23	0,37	18	0,81	17	0,70
<i>Persicaria lapathifolia</i> (L.) Delarbre	20	0,40	14	0,55	8	0,99	13	0,91	12	1,11	18	0,66
<i>Solanum nigrum</i> L.	47	0,08	42	0,10	50	0,06	25	0,28	22	0,59	19	0,64
<i>Cannabis sativa</i> L.	91	0,02	53	0,05	38	0,11	31	0,22	30	0,26	20	0,59

3.2.5. A kukorica gyomszabályozása

A kukorica termesztéstechnológiájának egyik alapköve a gyomok elleni védekezés. Egy tanulmány szerint a gyomszabályozás nélkül termesztett kukorica termésátlaga a kontrollhoz viszonyítva csak 23,5 %-ot ért el (REISINGER 1995). GYÖRFFY (1976) szerint négyzetméterenként 1 dkg száraz gyom kb. 150 kg-mal csökkenti hektáronként a kukorica szemtermését. VARGA - SZABÓ (2008) megállapítása szerint a kukorica gyomszabályozása kiemelt figyelmet érdemel, mivel a növény jelentős vetésterülete számottevő gazdasági értéket képvisel. A gyomflóra szabályozása stratégiai jelentőségű, hiszen a kukoricaállományban lehetőség nyílik olyan gyomfajok elleni védekezésre is, amelyek más kultúrákban nagyobb problémát jelentenek, nehezebben irthatók, kevésbé szelektíven kezelhetők, vagy csak magasabb költséggel szabályozhatók. Ilyen például az *Ambrosia artemisiifolia* hagyományos napraforgóhibridekben korlátozott hatóanyag-választék miatt nehezebben irtható, míg kukoricában több hatékony pre- és posztemergens herbicid is rendelkezésre áll a hatékony védekezéshez.

Az eredményes gyomszabályozáshoz nélkülözhetetlen az adott terület gyomnövényzetének alapos ismerete. A gyomfajok terjedésének üzemi, megyei és országos szintű előrejelzését a rendszeresen végzett táblaszintű gyomfelvételezés teszi lehetővé (KÖRÖSMEZEI 1986).

A kukoricatermesztés egyik legfontosabb szabálya a korai gyomosodás kikapcsolása, mert a fiatal gyomnövények tavasszal nagyobb kárt okoznak, mint a nyárutói, látványos gyomosodás

(HORNYÁK 2009). A fiatal 1-5 leveles növények kevésbé tudnak versenyezni a tápanyagért és vízért, mint az idősebb zárt állományban lévő (MAKHAJDA – SZÉLL 1998).

Az integrált gyomszabályozás alkalmazása a kukoricatermesztésben a leghatékonyabb és legfenntarthatóbb megközelítést jelenti. A preventív, mechanikai és herbicides módszerek összehangolt alkalmazása nemcsak a gyomok elleni védekezés hatékonyságát növeli, hanem egyúttal hozzájárul a talaj és a környezet hosszú távú védelméhez is (BERZSENYI, 2000). E módszerek közül a herbicides gyomkezelési technológiák különösen fontos szerepet játszanak, mivel lehetőséget biztosítanak a nehezen irtható gyomfajok hatékony visszaszorítására (VARGA – SZABÓ 2008).

Agrotechnikai védekezés módszerei kukoricában

A gyomok elleni védekezésben a talajművelés és a talaj-előkészítés különösen hatékony eszköz. Ha a kukoricát kalászos gabona előzi meg, akkor a gyors és alapos tarlókántálás csírázásra készítheti a T₄-es gyomfajokat, amelyek ezután a tarlóápolási műveletek során fiatalon elpusztíthatók. Tarackos (G₁) gyomfertőzöttség esetén érdemes a tarlókántást mélyebbre állított, éles tárcsával végezni, majd fogasolással a tarackokat a felszínre hozni, ezzel elősegítve kiszáradásukat. Korábbi vizsgálatok szerint a mezei acat (*Cirsium arvense*) visszaszorulása elsősorban az 1980-as években elterjedt mélyművelésnek köszönhető. Ezzel szemben a sekély vagy minimális talajművelés (minimum tillage) a G₃ életformacsoportba tartozó gyomfajok felszaporodását segíti elő (REISINGER et al. 2011).

A vetésforgó gyomszabályozó szerepe rendkívül fontos. Széleskörű vizsgálatok bizonyítják, hogy a kukorica monokultúrában – amikor a kukoricát önmaga után termesztjük – jelentősen megnövekszik a gyomborítottság és elsősorban az egyszikű fajok felszaporodását regisztrálhatjuk. Egy jól megtervezett vetésforgó, hatékony gyomirtó szeres védekezéssel kiegészítve – amely Magyarországon általánosan elterjedt gyakorlat – jelentős mértékben csökkentheti a gyomnövény-populációt (OREJA 2023).

A kukorica termesztési célja szoros összefüggést mutat a gyomosodás mértékével, amit elsősorban a növény habitusa és az állománysűrűség befolyásol. A legjobb gyomelnyomó képessége a silókukoricának van, ezt követi az áru- és takarmánykukorica, majd a csemege- és vetőmagtermesztés, amelyek ritkább állománya hajlamosabb a gyomosodásra (REISINGER et al. 2011).

Mechanikai gyomszabályozás

Napjainkban nagyteljesítményű mechanikus gyomirtó eszközök állnak rendelkezésre: csillagkerekek, küllőskapák, talajmarók, forgóboronák, gyomirtó kefék. Jelentős fejlesztési eredménynek számít a sorvezérelt (szensorvezérelt, precíziós) kultivátor, mely pusztán néhány centimétert hagy el a kukorica sorainak mentén, valamint az RTK alapú automatikus erőgép kormányzás, mellyel szintén csökkenthető a sorok melletti kezeletlen sáv szélessége. A mechanikus gyomszabályozás előnyei a költségtakarékosság, és környezetkímélés. Mindezek mellett, a talajfelszín megmunkálásával javítjuk a talaj vízmegtartó képességét és serkentjük a talajéletet is (REISINGER et al. 2011). A modern kukorica-termesztésben a mechanikai gyomszabályozás szerepe fokozatosan átalakul: egyre inkább az integrált gyomszabályozási rendszerek irányába tolódik, amelyek a mechanikai és herbicides módszerek előnyeit ötvözik. A mechanikai–kémiai kombinációk lehetővé teszik a herbicid-felhasználás jelentős csökkentését anélkül, hogy a gyomkontroll hatékonysága számottevően romlana. Egy kínai kutatásban például a sorközművelés és a csökkentett felületen végezett preemergens kezelés együtt alkalmazva a teljes kémiai programmal közel azonos eredményt biztosított, miközben 75 %-kal mérsékelte a vegyszerhasználatot, és a kukorica hozamát is növelte (FANG et al. 2023)

A kombinált gépi megoldások, mint például a kultivátor alkalmazása, a gyomok több fenológiai stádiumában is hatékony beavatkozást tesznek lehetővé. Németországi kísérletekben, a borona és a kultivátor kombinált használatával 76–80 %-os gyomirtási hatékonyságot értek el, ami a gyakorlatban versenyképes alternatívája lehet az egyoldalú herbicidhasználatnak (NARUHN et al. 2021). A helyspecifikus és intelligens mechanikai rendszerek a legújabb technológiai irányt képviselik. Ezek a megoldások GPS-alapú navigációt, szenzoros és gépi látásrendszereket alkalmaznak a gyomok és kultúrnövények azonosítására, majd célzott mechanikai beavatkozást hajtanak végre. Ezzel nemcsak a gyomkezelés pontossága nő, hanem a talaj és a kultúrnövények károsítása is minimalizálható, továbbá a talajszerkezet védelme is megvalósítható (XIANG et al. 2024).

A herbicides védekezés módszerei

A gyomszabályozás időzítési lehetőségei kukoricában a következők lehetnek:

- **Vetés előtti permetezés (*presowing*)**
 - A vetés előtt, a talaj előkészítésével egy menetben vagy közvetlenül utána kijuttatott kezelés.
- **Vetés utáni, de kelés előtti kezelés (*preemergens*)**
 - A vetés és a kukorica kelése közötti időszakban, a talaj felszínére permetezve.

- **Gyomkelés utáni, de kukoricakelés előtti kezelés (*pre/poszt technológia*)**
 - Célzottan a már csírázott, de még kisméretű gyomok ellen, a kukorica kelése előtt.
- **Állománykezelés – posztemergens kezelések**
 - **Korai posztemergens**
 - *Kukorica*: szögcsíra–2 leveles
 - *Gyomok*: szik–2(3) leveles állapot
 - **Posztemergens**
 - *Kukorica*: 3–5 leveles
 - *Egyszikű gyomok*: 3–5 leveles
 - *Kétszikű gyomok*: 2–4 leveles
 - **Késői posztemergens**
 - *Kukorica*: 5–7 leveles
 - *Egyszikűek*: gyökérváltás idején
 - *Kétszikűek*: 4–6 leveles
 - *Évelő gyomok*: 10–20 cm magas állapotban

Bármely időzítés esetén alternatív módszer a sávpermetezés, azaz csak a kukorica soraira kiterjedő herbicid takarékos permetezési eljárás, valamint késői posztemergens kijuttatás esetén a levél alá permetezés (VARGA – SZABÓ 2008).

A 2000-es évektől a hazai kukoricatermesztésben egyre nagyobb hangsúlyt kaptak a korai és normál posztemergens kezelések, mivel ezek esetében már rendelkezésre állnak információk a gyomosodás mértékéről és a gyomösszetételről (PEPÓ 2003).

A kukorica azon növénykultúrák közé tartozik, amelyekhez a legtöbb herbicid áll rendelkezésre Magyarországon. Összesen 28 hatóanyag és 109 különböző készítmény közül választhatnak a gazdálkodók (NÉBIH 2025). 2024-ben Magyarországon – minden növénykultúrát és felhasználási területet figyelembe véve – a glifozát volt a leggyakrabban használt hatóanyag a gyomirtók között, szinte minden szántóföldi kultúrában és egyéb felületeken is széles körben alkalmazták. A második-negyedik leggyakrabban használt herbicidek az S-metolaklór és terbutilazin hatóanyagú Gardoprim Plus Gold kombináció, a tembotrion hatóanyagú Laudis készítmény, valamint a pendimetalin és dimetenamid-P hatóanyagú Wing-P kombinációk; melyeket kukoricatermesztésben is alkalmazzák (AKI 2025).

A kukorica gyomszabályozásának egy speciális irányát a herbicidtoleráns hibrdek és a mellettük használt szelektív készítmények jelentik. A Duo System cikloxiim-toleráns hibrdek és a Focus Ultra herbicidet használja, mely hatékonyan irtja a legmakacsabb egynyári egyszikűeket (pl. muharfajok, ujjasmuhar), megfelelő dózisban pedig évelőket is (pl. fenyércirok, tarackbúza, csillagpázsit). (VARGA - SZABÓ 2008).

3.3. Az őszi búza jelentősége

A gabonafélék közül világszinten a három legelterjedtebb kultúrnövény a rizs, a búza és a kukorica. A búza jelentőségét növeli, hogy az egyik legfontosabb élelmisznövény az emberi táplálkozásban. Az FAOSTAT legfrissebb elérhető adatai szerint 2023-ban összesen 244 036 272 hektárról takarítottak be búzát, összesen 798 981 306 tonnát.

A legnagyobb őszi búzatermesztő területtel India, Oroszország, Kína, az Egyesült Államok és Kazahsztán rendelkezett, míg Magyarország 2023-ban az 1 053 120 hektáros területével a 31. helyet foglalta el (FAOSTAT 2025). 2024-ben 922 000 hektárról takarítottak be búzát. a magyar termelők (KSH 2025).

A legtöbb betakarított búzatermés Kínában, Indiában, Oroszországban, az Egyesült Államokban és Ausztráliában realizálódott, ezek az országok vezették a globális rangsort a megtermelt mennyiség tekintetében.

Érdekesség, hogy a legmagasabb termésátlagot Új-Zéland érte el, 9,6 tonna/hektárral, miközben India – a legnagyobb vetésterülettel rendelkező ország – mindössze 3,5 tonna/hektáros átlagot produkált. Magyarország 5,6 tonna/hektáros termésátlagot ért el (FAOSTAT 2025).

2023-ban hazánkban 5 941 993 tonna búzát takarítottak be a gazdák, ipari feldolgozásra 1,3 millió tonna, takarmányfelhasználásra 1 millió tonna került. Vetőmag-felhasználás céljából 232 ezer tonnát használtak fel ebből. Az export mértéke 3 millió tonna volt. 2024-ben 5,3 millió tonna búza termett. (KSH 2025)

3.4. Az őszi búza botanikai és agronómiai bemutatása

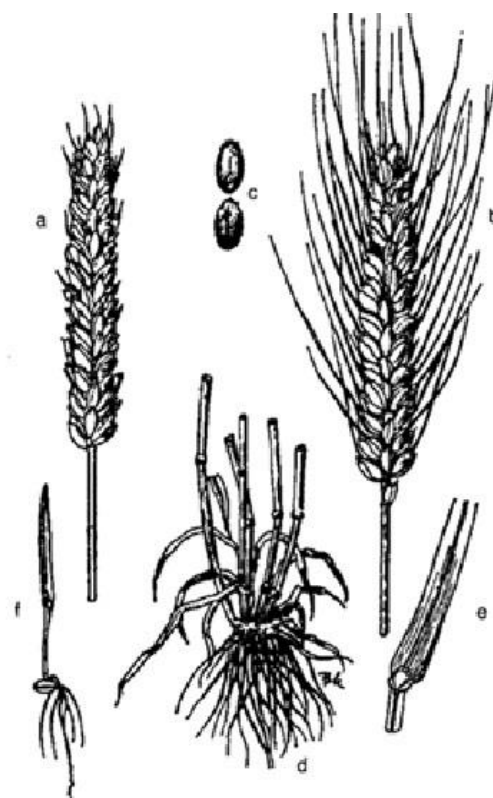
A búza rendszertanilag a *Poaceae* (*Gramineae*) család *Triticum* nemzetségébe tartozik, és különböző ploidszintű fajai ismertek: a diploid (14), tetraploid (28) és hexaploid (42 kromoszómás) változatok. A magyar nyelv külön neveket illeti ezeket: alakor, tönkebúza, tönkölybúza.

Hazánkban főként a hexaploid *Triticum aestivum* ssp. *vulgare* (őszi búza), kisebb mértékben a tetraploid *Triticum durum* (makarónibúza), valamint a *Triticum spelta* (tönkölybúza) kerül termesztésre.

A búza 80–160 cm magas egyéves növény, bojtos gyökérzettel és szalmaszárral. Levelei levélhüvelyekből és -lemezekből állnak, amelyeken fajra jellemző fülecskék és nyelvecskék találhatók. Virágzata kalász, amely füzéres füzér felépítésű, és több kalászkát tartalmaz. Egy kalászkában 3–5 virág van, a növény öntermékenyülő (2. ábra).

Termése szemtermés, amelynek maghéja a terméshéjjal összenőtt. A búza életsiklusa alapján lehet őszi vagy tavaszi. Fejlődési szakaszait szervképződés (organogenezis) és fenológiai jellemzők alapján lehet nyomon követni, amelyeket a környezeti és termesztési feltételek jelentősen befolyásolhatnak. A genetikailag meghatározott sorrendet nem, de a szakaszok hosszát és bekövetkezésük időpontját lényegesen módosíthatják a termőhelyi és a termesztési körülmények (ANTAL et al. 2005).

Az őszi búza fejlődési szakaszai a következők: csírázás, levélfejlődés, bokrosodás, szárnövekedés, kalászkezdemény fejlődése, kaláshányás, virágzás, szemképződés, érés (FMC AGRO 2025).



Búza (*Triticum aestivum*)
a = tarbúza kalásza, b = szálkás búza
kalásza, c = szemtermés, d = tő,
e = levélhüvely, f = csíranövény

2. ábra: Az őszi búza (*Triticum aestivum*) habitusképe (IVÁNYI et al. 1994).

3.4.1. Éghajlat- és környezetigény

Az őszi búza jól alkalmazkodik a kontinentális éghajlathoz, hazánk szinte teljes területén biztonsággal termesztethető. A hőmérsékleti tűrése széles: az őszi búza -20 és $+40$ °C között is megél, a durum búza viszont kevésbé fagyűrő.

Az őszi búza hőigénye a tenyészidő folyamán változik. A csírázás már 0 °C körül megindul, de az optimális fejlődéshez $18-25$ °C szükséges. A hosszú, enyhe ősz kedvez a kezdeti fejlődésnek. A tél kritikus időszak: hóborítás nélkül a növények, főleg az érzékeny fajták, kifagyhatnak. A felfagyás – amikor nappal felmelegszik, éjjel pedig megfagy a talaj – a gyökérzetet károsítja, főként, ha ezt száraz idő követi.

Vízigénye mérsékelt, kevesebb, mint a kapásnövényeké, de több, mint például az őszi árpáé. Minimálisan $300-350$ mm csapadékra van szüksége, optimális fejlődéséhez azonban $500-600$ mm kell, főként arányos eloszlásban. A vetéskori talajnedvesség és a vetés utáni csapadék különösen fontos a kezdeti fejlődéshez. A téli hó növeli a talaj vízkészletét, amely elősegíti a tavaszi fejlődést.

A május–júniusi időjárás döntően befolyásolja a szemtermés nagyságát: az enyhe, csapadékos időszak kedvez a nagy ezerszemtömeg kialakulásának. Ezzel szemben a száraz tavasz, csapadékszegény május vagy esős aratásidő csökkentheti a termést. Különösen káros, ha a kalászdifferenciálódás időszaka lerövidül, vagy ha érés előtt kánikula lép fel, mivel ez szemszoruláshoz, azaz kényszeréréshez vezethet (IVÁNYI et al. 1994)

3.4.2. Talaj- és tápanyagigény

Talajigény szempontjából a búza a mély termőrétegű, jó vízgazdálkodású, tápanyagban gazdag talajokat kedveli. Legjobban a mezősegi, a meszes öntéstalajokon és réti agyagtalajokon fejlődik, de megfelelő tápanyagellátással barna erdőtalajokon is jó termés érhető el. Humuszban gazdag homoktalajokon is termesztethető, a termőszikeken pedig bár kisebb, de jó minőségű termést ad. Nem

ajánlott a laza homok, illetve a hideg, mély fekvésű, vizenyős talajok használata. Ezzel szemben termesztése az ország teljes területén általános, a talaj típusától függetlenül.

A búza egy tonna szemterméssel és az ahhoz tartozó szalmával átlagosan a következő tápanyagmennyiséget vonja ki a talajból: nitrogén (N): 27 kg, foszfor (P_2O_5): 11 kg, kálium (K_2O): 18 kg, mész (CaO): 6 kg, magnézium (MgO): 2 kg.

Ezeknek a makroelemeknek a kijuttatása alapvető a talaj tápanyag-szolgáltató képességének megőrzése és javítása szempontjából. A tápanyagok pótlását célszerű a vetés előtt elvégezni, elősegítve ezzel a növény kezdeti fejlődését és megelőzve a későbbi tápanyaghiányt. Ez a módszer szakszerűbb és környezetkímélőbb, mint az utólagos tápanyag-visszapótlás.

Ha a talaj tápanyagállapota ismert, a szükséges N, P_2O_5 és K_2O mennyisége táblázatok alapján meghatározható. A nitrogén trágyázása különös figyelmet igényel, mivel a talajban gyorsan átalakul. Emiatt több részletben, a növény fejlődési szakaszaihoz igazítva kell kijuttatni: részben alaptrágyaként, részben fejtrágyaként.

Foszfor- és káliumtartalmú műtrágyák már a tarlóápolás előtt kijuttathatók, de akár a magágykészítés során is bedolgozhatók. Nitrogénből az őszi adag a vetés idején maximum 15–20 kg/ha, ha jó az elővetemény. Nagy szármaradványú növény után akár 25–50 kg/ha is adható a magágyba. A tavaszi fejtrágyázás során a nitrogént célszerű két részletben kijuttatni: egyharmadot tél végén, kétharmadot március végén–április elején. Középkötött, jó állapotú talajokon ez egyszerre is elvégezhető (ANTAL et al. 2005).

3.4.3. Agronómiai igény

A búza jó előveteménye biztosítja a megfelelő vetésidőt, kedvező talajnedvességet és tápanyag-ellátottságot, valamint csökkenti a gyom- és kártevőnyomást. Kiváló előveteménynek számítanak a nyáron betakarított hüvelyesek, repce, mustár, lucerna és egyes gyógynövények. Jó elővetemény a szeptember elejéig betakarított szója, napraforgó, kukorica, cukorrépa és különféle zöldség-növények. Közepes elővetemény például a szeptember végén betakarított szemes kukorica, míg rossznak tekinthetők az október után lekerülő növények, a gyomos lucerna, gyeptörés, cirokfélék és kalászos gabonák.

A monokultúrás búzatermesztés kerülendő, legfeljebb egy-két évig tartható fenn megfelelő agrotechnikával és fajtaválasztással (ANTAL et al. 2005).

A búza sikeres termesztésének alapja a jó minőségű magágy. Bár nem igényel mélyművelést, a talaj-előkészítés módját számos tényező befolyásolja: az elővetemény maradványai, a talaj nedvességi állapota, valamint a tápanyag-kijuttatás és növényvédelem időzítése.

Száraz, meleg időben a nedvesség megőrzésére sekély porhanyítást és tömörítést alkalmazunk, míg csapadékosabb területeken mélyebb vízbefogadást segítő művelés szükséges. A munkagépek kiválasztása is a talaj nedvességi állapotától függ: nedves talajon az eke, szárazabb körülmények között lazító eszközök a megfelelőek.

A talaj kötöttsége is meghatározó. Homoktalajon könnyebb a magágy-készítés, míg kötött, rossz szerkezetű talajokon nehezebb jó minőséget elérni, főleg ha túl száraz vagy túl nedves a talaj. A cél minden esetben egy jól porhanyított, zárt felszínű talajréteg kialakítása, amely elősegíti a gyors kelést és jó télállóságot (IVÁNY et al. 1994).

3.4.4. Az őszi búza gyomnövényzete

A legfontosabb gabonafélék közé tartozó őszi búzában a legkárosabb gyomnövényfajok azok, amelyek életciklusa hasonló a búzáéhoz, vagyis vegetációjuk a vetés évének őszén kezdődik. Ezek közül a T₁es életforma csoportba tartozó gyomoknak az optimális csírázási hőmérséklete 10–14 °C között van. Az ősszel csírázó, áttelelő gyomok (pl. pásztortáska – *Capsella bursa-pastoris*) a tél folyamán csíranövény vagy tölevélrózsa formájában vannak jelen, életciklusuk rövid, késő tavasszal véget ér. Kártételük – más életforma csoportba tartozó fajokhoz képest – viszonylag csekély, mivel biomasszájuk kis mennyiségű és életidejük is rövid. Ilyen gyomnövények például a veronika (*Veronica* spp.) és az árvacsalán fajok (*Lamium* spp.) és a tyúkhúr (*Stellaria media*). Bár a veronika fajok egyedszám arányos kártételi potenciálja alacsony, több gyomirtó szerrel szembeni ellenálló képességük, valamint a herbicides védekezések nem megfelelő időzítése miatt dominánssá válhatnak (ZALAI et al. 2016), és nagy tömegben előfordulva jelentős termésvesztést okozhatnak (ROUAG et al. 2015)

Az UJVÁROSI (1973) alapján T₂-es csoportba sorolt korán csírázó nyári egyéves gyomok, amelyek ősszel és tavasszal is képesek csírázni, tipikus gabonagyomnak számítanak. Már alacsony, 4–8 °C-os hőmérsékleten is csíráznak, a telet csíranövényként vagy magként vészelik át, és betakarításig magot hoznak. Mivel az elmúlt években jellemzően enyhébb telek vannak, folyamatos téli kelés is lehetséges. A T₁-esekhez képest hosszabb életciklusuk és nagyobb biomasszatermelésük révén ezek okozzák a legnagyobb termésvesztést az őszi búzában. Ilyen fajok: a pipacs (*Papaver rhoeas*), a

pipitérfélék (*Anthemis* spp.), a szarkalábfélék (*Consolida* spp.), valamint nehezen irtható, veszélyes fajok, mint a ragadós galaj (*Galium aparine*), nagy széltippán (*Apera spica-venti*) és a parlagi ecsetpázsit (*Alopecurus myosuroides*).

Tavasszal csírázó korai és késői nyári egyéves gyomfajok (T₃ és T₄) – pl. *Descurainia sophia* és *Chenopodium album* – is okozhatnak kárt őszi búzában. Ebben az időszakban a búza természetes öregedése miatt csökken az asszimiláló levélfelület, így több fény jut a talajfelszínre, ami kedvez a későn megjelenő gyomok csírázásának és fejlődésének. Az ide tartozó fajok egyedei gyakran a búza 6–8 leveles állapotában már jelen vannak, de a tarlón, kedvezőbb körülmények között még erőteljesebbé válhatnak (HUNYADI et al. 2011).

Az évelő gyomok jelenléte országos szinten is jelentős. Az egyszikűek közül a tarackbúza (*Elymus repens*), a kétszikűek közül pedig a szulák (*Convolvulus arvensis*) és a mezei aszat (*Cirsium arvense*) tartoznak a tíz legfontosabb gyomnövény közé. Újabban megfigyelhető az selyemkóró (*Asclepias syriaca*), egy terjedő szaporító gyökeres évelő faj megjelenése is a búzatáblákban, amely elsősorban magjai révén terjed (NOVÁK et al. 2019).

Az őszi búzában megjelenő gyomvegetáció változásait hatékonyan lehet követni az országos gyomfelvételezések eredményei alapján (2. táblázat). Magyarországon az 1950-es évek közepe óta összesen hat ilyen felmérést végeztek, tudományos alapossággal vizsgálva a szántóföldi gyomflórát. A legfrissebb, hatodik országos gyomfelvételezés (2018–2019) szerint az őszi búzában leggyakoribb, őszi vagy kora tavasszal csírázó gyomfajok (T₁₋₂) fontossági sorrendben: *Stellaria media*, *Apera spica-venti*, *Veronica hederifolia* és *Papaver rhoeas* (NOVÁK et al. 2019). Mellettük kiemelt figyelmet érdemel az *Alopecurus myosuroides* rohamos terjedése, amely Nyugat- és Észak-Európában különösen veszélyes a rezisztenciaproblémák miatt (MOSS et al. 2017; UGHY 2025).

Tavasszal, a talaj felmelegedését követően, országszerte egyre súlyosabb gyomosodást okoznak a késői nyári gyomok, mint a parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia*), ebszékfű (*Tripleurospermum inodorum*) és szulákkeserűfű (*Fallopia convolvulus*). Emellett a búzatáblákban jelentősen nőtt az árvakelésű napraforgó (*Helianthus annuus*) előfordulása is, ami a hazai napraforgó-vetésterület nagymértékű növekedésével magyarázható. Ez a faj az őszi búzában egyre komolyabb problémát jelent.

2. táblázat: Az őszi búza legjelentősebb gyomfajai a hat országos gyomfelvételezési adatok alapján (NOVÁK et al. 2019)

Gyomnövény latin neve	1947-53		1969-71		1987-88		1996-97		2007-2008		2018-19	
	F-sor	Borítás (%)	F-sor	Borítás (%)	F-sor	Borítás (%)	F-sor	Borítás (%)	F-sor	Borítás (%)	F-sor	Borítás (%)
<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	63	0,06	16	0,38	9	0,69	11	0,56	11	0,56	1	1,33
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	20	0,36	12	0,58	4	1,00	4	1,63	2	1,20	2	1,28
<i>Apera spica-venti</i> (L.) P. Beauv.	37	0,15	20	0,29	6	0,92	7	0,98	3	1,83	3	0,94
<i>Veronica hederifolia</i> L.	101	0,02	70	0,04	21	0,25	24	0,17	17	0,03	4	0,88
<i>Tripleurospermum perforatum</i> (Mérat) M. Lainz	44	0,11	15	0,39	1	2,18	1	2,87	1	2,04	5	0,82
<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) Á. Löve	7	1,11	1	1,64	11	0,59	10	0,62	10	0,66	6	0,72
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	1	5,55	2	1,64	2	1,16	6	1,03	6	1,18	7	0,71
<i>Viola arvensis</i> Murray	40	0,12	18	0,34	15	0,33	22	0,28	13	0,51	8	0,70
<i>Papaver rhoeas</i> L.	12	0,68	8	0,63	7	0,85	8	0,92	8	0,95	9	0,69
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	2	1,52	3	1,15	10	0,65	2	1,84	4	1,55	10	0,64
<i>Chenopodium album</i> L.	10	0,77	5	1,04	5	0,93	5	1,24	12	0,56	11	0,56
<i>Consolida regalis</i> Gray	9	0,84	11	0,58	22	0,24	14	0,38	7	1,02	12	0,49
<i>Helianthus annuus</i> L.	157	0,01	94	0,02	12	0,54	12	0,53	19	27,00	13	0,48
<i>Galium aparine</i> L.	103	0,02	30	0,17	3	1,14	3	1,69	5	1,21	14	0,37
<i>Descurainia sophia</i> (L.) Webb	70	0,05	44	0,11	24	0,23	18	0,29	21	0,21	15	0,29
<i>Lolium multiflorum</i> Lam.			237	0,00	217	0,00	151	0,00	114	0,01	16	0,28
<i>Veronica persica</i> Poir.	88	0,03	76	0,04	43	0,70	63	0,03	23	0,20	17	0,28
<i>Lamium purpureum</i> L.			160	0,01	36	0,09	36	0,11	38	0,08	18	0,28
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik.	56	0,07	42	0,11	14	0,33	19	0,23	14	0,39	19	0,26
<i>Anthemis arvensis</i> L.	26	0,22	28	0,20	30	0,15	21	0,21	16	0,31	20	0,23

3.4.5. Az őszi búza gyomszabályozása

Az integrált gyomszabályozás az őszi búza esetében már a termesztéstechnológia kezdeti lépéseinél, a vetésforgó és az elővetemény megválasztásánál elkezdődik. A monokultúrás termesztés kerülendő, mivel ezek elősegítik a nehezen és költségesen irtható egyszikű fajok, például a nagy széltyppan (*Apera spica-venti*) és az egércsenkesz (*Alopecurus myosuroides*) felszaporodását. Az egyik legkedvezőbb elővetemény a repce, azonban ennek gyomflórájában gyakran előfordulnak a *Galium* és *Matricaria* fajok, beleértve a *Tripleurospermum inodorum*-ot, amelyek felszaporodása problémát jelenthet. Napraforgó elővetemény esetén számítani kell az árvakelések megjelenésére a következő évben (HUNYADI et al. 2011).

A vetés előtti kritikus döntés a fajta vagy hibrid megválasztása, illetve a vetőmag minősége. Csak fémzárolt vetőmag alkalmazása javasolt, amely biztosítja a hatósági ellenőrzésen átesett, tiszta és azonos genetikai tulajdonságokkal rendelkező állományt. A vetésidő szintén meghatározó: a túl korai vetés fokozza a gyomosodás kockázatát, míg a túl késői vetés az állomány megritkulásához, ezáltal gyomelnyomó képességének csökkenéséhez vezethet (ÁBRAHÁM et al. 2011). Hibrid búzák esetében a vetésidő optimalizálása még szűkebb időablakot igényel, mivel alacsonyabb tőszámmal

vetik őket, ezért a herbicidhasználat — különösen az őszi kezelések — kulcsfontosságúvá válik (ZALAI et al. 2016).

Az agrotechnikai gyomszabályozás részeként kiemelhető a tarlóhántás és a vetés előkészítése, melyek a gyommagkészlet csökkentésével járulnak hozzá a hatékony védekezéshez (ÁBRAHÁM et al. 2011).

Mechanikai védekezés

Mechanikai módszerek közül a gyomfésű alkalmazása jöhet szóba. A fésű rugós ujjai rezgő mozgást végeznek, amely során a fiatal csíranövényeket eltávolítják, akár a szárba indulás időszakában is. A dőlésszög állításával a hatékonyság időben is széles skálán fenntartható (ÁBRAHÁM et al. 2011).

Herbicides védekezés

Az őszi búza herbicides gyomirtása három fő időpontban történhet:

- Preemergens kezelés: vetés után, de kelés előtt alkalmazandó. Előfeltétele a tábla gyomflórájának ismerete, mivel ekkor a gyomok még nem láthatók. A *Galium aparine*, *Matricaria (Tripleurospermum)*, *Anthemis*, *Papaver rhoeas*, *Veronica* és *Apera spica-venti* fajok korábbi jelenléte indokoltá teheti a kezelést. Hátránya, hogy nagy csapadék esetén a hatóanyag a vetőmagzónába mosódhat, károsítva a kultúrnövényt (ÁBRAHÁM et al. 2011).
- Őszi posztemergens kezelés: különösen akkor ajánlott, ha a vetés korán történt, és a csapadékos időjárás miatt a gyomkelés a korai vegetációs időszakban intenzív. A kezelést a gyomok 2–4 leveles állapotában kell végrehajtani. A módszer hatékonyan lép fel a korai (T₁, T₂) gyomfajok ellen, különösen az egyszikű gyomok esetében. E kezeléseknél fontos szempont a kontakt és talajon keresztüli hatás egyaránt (HUNYADI et al. 2011; ZALAI et al., 2016). Kutatások szerint az őszi posztemergens kezelések 90% feletti hatékonyságot mutattak például *Apera spica-venti*, *Capsella bursa-pastoris* és *Veronica hederifolia* ellen, míg ugyanezek a fajok tavasszal már csak 60–85%-os mértékben irthatók. Az *Apera spica-venti* esetében őszi kezelésekkal 92–95%-os hatékonyság volt elérhető, míg a tavaszi kezelések esetén ez 80% alatt maradt (ZALAI et al. 2016).
- Tavaszi posztemergens kezelés: korábban ez számított a standard eljárásnak. Különösen szükséges lehet ritkult állomány vagy árvakelés esetén. A kezelést a fagyok elmúltával, bokrosodás végétől jellemzően szárba indulásig lehet végrehajtani. ALS-gátló hatóanyagok alkalmazása esetén még a kétnóduszos állapotig, illetve egyes készítményeknél a zászlóslevél kiterüléséig is elvégezhető a kezelés (HUNYADI et al. 2011; ÁBRAHÁM et al. 2011).

A NÉBIH növényvédőszer-keresője szerint 2025-ben kalászos kultúrákban összesen 141 alapengedéllyel rendelkező gyomirtószer érhető el, amelyek 36 különböző hatóanyag önálló vagy kombinált formáján alapulnak. (NÉBIH, 2025)

3.5. A gyomosodást befolyásoló tényezők

A gyomközösségek összetételének és eloszlásának megértése a gyomökológia egyik központi célja. A kultúrnövények fejlődését és a különböző gyomtársulások kialakulását számos, egymással összefonódó tényező határozza meg, amelyek együtt alkotják az élő- és termőhelyet. Fontos kiemelni, hogy ezek a hatások nem külön-külön érvényesülnek, hanem összetett módon együtt alakítják a környezetet. A tényezők elkülönített bemutatása csupán az áttekinthetőséget szolgálja (PINKE et al. 2005).

A gyomnövényzet összetételét vizsgáló tanulmányok alátámasztják azt a nézetet, hogy a környezeti tényezők kulcsszerepet játszanak a gyomnövényzet kialakulásában (ANDERSSON - MILBERG 1998; LOSOSOVA et al. 2004). Az abiotikus tényezők száma, amelyek hatással vannak a gyomflórára és annak összetételére, meglehetősen magasak, ami megnehezíti az egyes tényezők relatív fontosságának becslését (PYSEK - LEPS 1991).

Másrészről azonban a mezőgazdasági gyakorlat elemei, mint például a növénykultúrák típusa (például őszi vagy tavaszi vetésű növények), a vetésforgó vagy a talajművelési rendszerek szintén kulcsfontosságúak a gyomfaj-összetétel változásainak megértésében (HALLGREN et al. 1999; LIEBMAN - DYCK 1993; LOUDYI et al. 1995).

3.5.1. A gyomosodást befolyásoló abiotikus tényezők

Az abiotikus tényezők – az éghajlati, talaj- és felszíni adottságok – alapvetően meghatározzák a növények életét. Energiát és tápanyagokat biztosítanak, befolyásolják a növények felépítését és életfolyamatait, valamint közvetlenül hatnak a kultúrnövények terméshozamára és a szántóföldi biocönózisok szerkezetére (PINKE et al. 2005).

Az éghajlat

Az éghajlat és annak változása az időjárási tényezőkön keresztül jelentős hatással van a mezőgazdaságra, mivel ezek befolyásolják a növények fejlődését (de MOL et al. 2015; CHAUHAN et al. 2014). Az éghajlati tényezők – elsősorban a csapadék és a hőmérséklet – kulcsszerepet játszanak, és ezek évről évre jelentősen eltérhetnek (KÖVESPATÁKI et al. 2024). Az időjárási viszonyok hirtelen változásai stresszhatást jelentenek a termesztett növények számára, amelyek érzékenyen reagálnak, és kevésbé versenyképesek a gyomokkal szemben (PATTERSON 1995). A magyarországi éghajlati viszonyok elemzése alapján ezek a tényezők meghatározóak, és közülük a hőmérséklet, mint termikus tényező, nagyobb hatással van a gyomosodásra, mint a csapadékmennyiség (ENZSÖLNÉ et al. 2011; VARGA-HASZONITS et al. 2008).

A makroklíma jelentősen meghatározza az egyes gyomfajok és gyomtársulások elterjedését. Egy terület éghajlata azonban nemcsak földrajzi helyzetétől, hanem magassági viszonyaitól is függ. A tengerszint feletti magasság növekedésével csökken a hőmérséklet, nő a csapadék, változnak a sugárzási körülmények és rövidül a vegetációs időszak, amihez a növényeknek alkalmazkodniuk kell. Ennek megfelelően különbséget tehetünk síkvidéki fajok, például az egynyári szélfű (*Mercurialis annua*), valamint hegyvidéki elterjedésű fajok, például a tarka kenderkefű (*Galeopsis tetrahit*) között. A gyomflóra fajgazdagsága tehát összefügg a terület tengerszint feletti magasságával is (FRIED et al. 2008). Közép-Európában a magasabban fekvő területeken jellemzően több gyomfaj fordul elő. Azonban a magasság hatásának vizsgálatakor egyéb, éghajlati tényezőkkel szoros kapcsolatban álló hatásokat is figyelembe kell venni (LOSOSOVA et al. 2004). Továbbá, ahogy a magasság nő, az intenzíven művelt területek aránya csökken, ami a gyomnövényzet fajgazdagságának növekedéséhez vezet (PÁL et al. 2013)

A földrajzi elhelyezkedés gyomflórára gyakorolt hatását több tanulmány is alátámasztja. ANDERSSON - MILBERG (1996) Svédországban vizsgálták a gyomfajok összetételét és sűrűségét. Az adatokat elemezve öt fő tényező jelentőségét becsülték meg: földrajzi elhelyezkedés, termesztett növényfaj, vetésforgó és kijuttatott nitrogén mennyisége. Eredményeik szerint a földrajzi elhelyezkedés nagyobb hatással volt a gyomosodásra, mint az adott növényfaj. Ezt az erős hatást talajtani tényezőknek tulajdonították. A gyomok földrajzi eloszlását jelentősen befolyásolja a légköri hőmérséklet is, mivel hatással van a gyomok szaporodására és versenyképességére (PATTERSON et al. 1999; TUBIELLO et al. 2007).

A domborzati tényezők – így a lejtők kitettsége és hajlásszöge – tovább módosítják a helyi klímát. A déli lejtők nagyobb besugárzást kapnak, ezért melegebbek, ami kedvez a melegigényes gyomfajoknak. A meredekség növeli a napsugárzás beesési szögét, ezáltal a hőmérsékletet, míg közvetve befolyásolja a talaj felhalmozódását és a termőréteg vastagságát is. A talaj tulajdonságai – mint a nedvesség, kötöttség vagy mésztartalom – ugyancsak alakítják a mikroklimát: a száraz, laza talajok felett melegebb, a nedves, kötött talajok felett hűvösebb levegő alakul ki.

A napsugárzás és a hőmérséklet alapvető tényezők a növények csírázásában és fejlődésében. A mérsékelt égövben az alacsony hőmérsékleti határok és a nyári csapadék mennyisége korlátozó tényezők. A vetés időpontja nagyban meghatározza a gyomnövényzet összetételét: az olyan fajok, mint a *Consolida regalis*, a *Veronica hederifolia* vagy a *Papaver argemone* alacsony hőmérsékleten is csíráznak, ezért az őszi vetésekben válnak gyakorivá. A magas hőmérsékletet igénylő fajok – például a *Chenopodium*, *Amaranthus*, *Setaria*, *Galinsoga* és *Echinochloa* nemzetségek – főként a tavaszi vetésekben és a kapáskultúrákban jelennek meg.

A gyomfajok eltérő csírázási viselkedése meghatározza, hogy különböző kultúrnövényekben milyen gyomtársulások alakulnak ki. A társulások összetételét elsősorban nem maga a termesztett növény, hanem az utolsó talajművelés időpontja befolyásolja. Őszi vetés esetén a téli egyéves fajok (T₁–T₂) válnak dominánssá, mivel csíranövényeik tavaszra megerősödnek, és háttérbe szorítják a később csírázó fajokat. Ha a talajt tavasszal ismét megművelik, akkor a melegigényes nyári egyévesek (T₄) kelnek tömegesen, és ezek hozzák létre a jellegzetes kapáskultúrák gyomtársulásait (PINKE et al. 2005).

A talaj

A talaj szemcseméret alapján homok-, iszap- és agyagfrakciókra osztható, amelyek eltérően befolyásolják a talaj víz-, levegő-, hő- és tápanyag-gazdálkodását, így hatással vannak a kultúrnövények terméshozamára és a gyomfajok előfordulására. A homoktalajok gyorsan felmelegednek, jól levegőznek és könnyen művelhetők, de gyenge víz- és tápanyag-megkötők; jelzőfajaik például a homoki pipitér (*Anthemis ruthenica*) és a homoki habszegfű (*Silene conica*). A kötöttebb talajokon gyakori az ebszékfű (*Tripleurospermum inodorum*), a vetési boglárka (*Ranunculus arvensis*), a gumós lednek (*Lathyrus tuberosus*), a tarlóvirág (*Stachys annua*) és a vadrepce (*Sinapis arvensis*), valamint számos nedvességjelző faj. Az iszapfrakcióban gazdag vályogtalajok jelentik a legtermékenyebb termőföldeket. A talajnedvességet különböző gyomok jelzik: a felső rétegek nedvességére utal az iszapgyopár (*Gnaphalium uliginosum*), az egérfarkfű

(*Myosurus minimus*) és a heverő orbáncfű (*Hypericum humifusum*), míg a mélyebb rétegek vízkészletére a mocsári tisztesfű (*Stachys palustris*), a mezei menta (*Mentha arvensis*) és a martilapu (*Tussilago farfara*). A nedves, tömörödött talajok oxigénszegények, ezért sok nedvességjelző egyben a tömör talajok indikátora is (HOLZNER 1971).

KORRES et al. (2017) a szántóföldi gyomok előfordulását vizsgálták a talaj fizikai tulajdonságaival összefüggésben. Hét tényezőt azonosítottak, amelyek kapcsolatban álltak a vizsgált fajok megjelenésével, fontossági sorrendben: talajtömörödöttség, iszaptartalom, talajnedvesség, hervadáspont, növények számára felvehető víz mennyisége, agyagtartalom. Emellett a táblán belüli talajváltozások szintén befolyásolják a gyomosodást (WALTER et al. 2002).

A talaj kémhatása (pH) meghatározza a tápanyagok felvehetőségét: savanyú közegben akadályozott a N-, P- és Mg-felvétel. A savanyú talajokat többek között a *Rumex acetosella*, a *Scleranthus annuus*, a *Spergula arvensis*, a *Spergularia rubra*, a *Papaver argemone* és az *Anthemis arvensis* jelzi. A növények általában nem kedvelik a savas, alacsony pH-jú talajokat, ugyanakkor egyes gyomfajok ilyen körülmények között előnybe kerülhetnek a kultúrnövényekkel szemben. Ezért a kultúrák versenyképességét mész kijuttatásával, valamint szerves és műtrágya használatával is javíthatjuk (MANNA et al. 2007). WEAVER - HAMILL (1985) kimutatták, hogy a talaj pH-ja hatással van az *Amaranthus powellii*, az *Abutilon theophrasti* és a *Setaria viridis* növekedésére és kompetíciós képességére kukoricatáblákon. A kukorica termés hozamát minden pH-értéknél csökkentette a gyomkonkurencia, azonban *Amaranthus powellii* és *Abutilon theophrasti* szárazanyag-tömege pH 4,8-nál volt a legalacsonyabb, míg pH 6,0–7,3 tartományban volt a legmagasabb. Ezzel szemben a *Setaria viridis* alacsony pH-n (4,8) mutatott jobb teljesítményt, ami fajspecifikus pH-reakciókra utal.

A talaj fizikai és kémiai tulajdonságai, valamint az agronómiai beavatkozások jelentősen alakítják a kukoricatáblák gyomflórájának összetételét és diverzitását. A talaj kötöttsége (Arany-féle kötöttségi index) és pH-ja egyaránt befolyásolta a Shannon-diverzitást és a fajgazdagságot, ami jelzi, hogy a talajszerkezet és a kémiai jellemzők meghatározó szerepet töltenek be a gyomközösségek kialakulásában (PYSEK et al. 2005; BUHLER et al. 1995). LUGOWSKA et al. (2016) azt találták, hogy a kötöttebb talajszerkezet magasabb gyomdiverzitással jár együtt, továbbá a talaj pH-ja és sótartalma is növeli a fajgazdagságot, mivel a magasabb értékek változatosabb fajösszetételt eredményeznek.

A különböző gyomfajok eltérő tápanyagigényekkel rendelkeznek, és különböző szinten alkalmazkodtak a tápanyag-ellátottsághoz, ami eltérő alkalmazkodóképességet eredményez (KISMÁNYOKY 2010). A termesztett növényekhez hasonlóan a gyomfajok is eltérően reagálnak a

talajtulajdonságokra és a tápanyagpótlásra. Ezek a tényezők befolyásolják a gyomok túlélését és terjedését, ami azt mutatja, hogy a gyomnövényzet erősen táblaspecifikus. Számos gyomfaj versenyképesebb a kultúrnövényeknél, mivel magasabb koncentrációban veszik fel a tápanyagokat (N, P, K, Ca és Mg). Például a *Chenopodium album*, *Stellaria media* és *Tripleurospermum inodorum* fajok intenzíven reagálnak a magas trágyázottságra, szerves anyagra, foszforra, káliumra és más elemekre (NORDMEYER - DUNKER 1999). Magas szervesanyag-tartalmú talajokban nagyobb a gyomnövények borítottsága és gyakorisága, mint az alacsony szervesanyag-tartalmú talajokban (HOITNIK - BOEHM 2002).

A humusztartalom és a *Chenopodium album*, illetve az *Amaranthus retroflexus* előfordulása közötti pozitív kapcsolatot mutatott ki MOREAU et al. (2013): a nitrofil fajok kifejezetten kedvelik a tápanyagban gazdag, magas humusztartalmú talajokat. Ezzel szemben az *Ambrosia artemisiifolia* és az *Amaranthus blitoides* gyakoribb megjelenése az alacsonyabb humusztartalmú mintákban arra utal, hogy e fajok kevésbé kötődnek a jó tápanyag-ellátottságú élőhelyekhez, és a degradált, szegényebb termőhelyekhez is jól alkalmazkodnak (DESSERUD - HUGENHOLTZ 2015; ABUHADRA et al. 2016).

KORRES et al. (2017) és KONE et al. (2013) összefüggést találtak a talaj tápanyagellátottsága – különösen a foszfor, kálium és kalcium – és a kétszikű gyomfajok előfordulása között. A tápanyag-ellátottság jelzői között elsősorban a nitrogénjelző fajok szerepelnek, amelyek a talaj humusztartalmára és érettségére is utalnak.

A talajban előforduló tápanyagok közül a legkorlátozóbb tényező a rendelkezésre álló nitrogén mennyisége, amely elsősorban a vegetatív szervek növekedését támogatja (LEGHARI et al. 2016). Az ELLENBERG (1974) és BORHIDI (1993) skálái szerint az *Amaranthus retroflexus*, *Galium aparine* és *Rubus caesius* indikátor fajok magas nitrogénellátottságra utalnak. Ezek a fajok jól alkalmazkodtak az intenzíven művelt, bőségesen trágyázott mezőgazdasági területekhez.

A nitrogénben gazdag talajok indikátorai többek között az *Amaranthus retroflexus*, *Amaranthus chlorostachys*, a *Chenopodium album*, a *Capsella bursa-pastoris*, a *Galium aparine* és a *Solanum nigrum*. Ezek a fajok jelentős előnyre tesznek szert a nitrogénért folytatott versengésben. A nitrogénszegénységet jelzi például az *Erophila verna*, a *Holosteum umbellatum* és a *Veronica praecox*. (LEHOCZKY 2000).

HOLZNER (1971) szerint foszfátpozitív faj a *Lamium purpureum* és a *Sonchus oleraceus*, míg foszfátnegatív a *Scleranthus annuus* és a *Sherardia arvensis*. A *Galium aparine* és a *Thlaspi arvense*

káliumpozitív fajok, míg a kakukkhomokhúr (*Arenaria serpyllifolia*) és a juhsóska (*Rumex acetosella*) káliumnegatívak. A foszfát- és káliumkedvelő fajok mindig nitrogénkedvelők is, míg a negatív jelzők gyakran savanyúságjelzők.

A foszfor meghatározó szerepet játszik a *Capsella bursa-pastoris* növekedésében és szaporodásában: megfelelő N- és K-ellátás mellett egyetlen növény akár 16 000 magot is képes létrehozni, míg a foszforhiány – különösen magas N és alacsony K esetén – jelentősen csökkenti a magprodukción és a csírázási arányt (YANG 2018).

A mikro- és mezoelemek szerepe szintén jelentős: a magnézium, a mangán, a kén és a cink pozitív kapcsolatot mutattak a gyomdiverzitással és a fajgazdagsággal, ami azt jelzi, hogy a gyomflóra érzékenyen reagál a talaj ásványi összetételének változásaira. Bár ezek az elemek befolyásolják a tápanyagfelvételt mind a kukorica-, mind a gyomfajok esetében, közvetlen bizonyíték a mikroelemszintek és a gyomdiverzitás összefüggésére csak korlátozottan áll rendelkezésre. GHASEMI et al. (2015) például kimutatták, hogy egyes gyomfajok – köztük *Cirsium arvensis* és *Echinocloa crus-galli* – magasabb Fe- és Mn-tartalmú talajokon jobban fejlődnek, és ezáltal dominánssá válhatnak. A magas cinkkoncentráció a *Chenopodium album* kedvező előfordulásának indikátoraként szolgál, és elősegíti a *Convolvulus arvensis* és az *Aristolochia clematitis* megjelenését is. MALICKI - BERBECIOWA (1986) kimutatták, hogy a *Chenopodium album* a cinkfelvétel tekintetében versenyképesebb az őszi búzánál és a tavaszi árpánál, ugyanakkor kevesebb cinket halmoz fel, mint a cukorrépa vagy a tavaszi repce. MUKTAMAR et al. (2025) eredményei alapján a kálium, valamint a mikro- és mezoelemek szintje jelentős hatást gyakorol a gyomnövényzet diverzitására.

Más vizsgálatok a talaj réztartalma és a gyomgyakoriság között is pozitív összefüggést mutattak ki, ami jelzi a réz szerepét a gyomközösségek és a magbank szerkezetének alakításában (BABST-KOSTECKA et al. 2023; OGAZIE et al. 2023). A napraforgó különösen hatékonyan veszi fel a rezet – eltávolítási hatékonysága akár 85% is lehet –, és főként a gyökereiben halmozza fel, így ígéretes fitoremediációs faj (RINANTI et al. 2018). A *Xanthium strumarium* szintén jelentős mennyiségű rezet és más fémeket (Cd, Ni) képes akkumulálni (XUE et al. 2022), míg a *Datura stramonium* több nehézfémrel szemben is toleráns (Cu, Cd, Cr) (NGOLE-JEME - MAKULEKE 2020). Ezzel szemben a *Convolvulus arvensis* érzékenyen reagál a magas rézszintekre, így jelenléte rézszegény élőhelyek indikátoraként értelmezhető.

A talaj sótartalma a növények fejlődésének minden szakaszára hatással van, a csírázástól egészen a magérésig (BANO - FATIMA 2009) és befolyásolja a víz- és tápanyagfelvételt is (AKBARIMOGHADDAM et al. 2011). A tápanyagfelvétel zavara, valamint a nátrium és klór felhalmozódása toxikus lehet a növények számára (MUNNS 2002). A gyomfajok genetikai rugalmassága és környezeti alkalmazkodóképessége magas, és általában jobban tűrik a sót, mint a termesztett növények (FLOWERS et al. 2015).

3.5.2. A gyomosodást befolyásoló biotikus tényezők

A biotikus faktorok közé tartozó növények, állatok és mikroorganizmusok producensként (termelő), konzumensként (fogyasztó) vagy reducensként (lebontó) fontos szerepet töltenek be az agroökoszisztémák működésében. A szántóföldi biocönózisok szervezetei sokféle kölcsönhatásban állnak egymással: a rovarok által végzett beporzás vagy a termések állatok általi terjesztése mindkét fél számára előnyös kapcsolat. A szimbiózis további jellegzetes példája, hogy a pillangósvirágú növények gyökérgümőiben nitrogényűjtő baktériumok élnek. A kultúr- és gyomnövények ugyanakkor vírusok, baktériumok és gombák gazdái is lehetnek, amelyek közül több a gyomfajokban talál köztesgazdára (FISCHL et al. 2002).

Parazita és félpazita fajok is előfordulnak, például az aranka (*Cuscuta*), a vajvirág (*Orobanche*), a csormolya (*Melampyrum*) és a zsellérke (*Thesium*) nemzetségek tagjai. A növények közötti kapcsolatok legjelentősebb formája az inter- és intraspecifikus versengés, amely elsősorban a fényért, vízért és tápanyagokért zajlik (KAZINCZI 2000). Az allelopátia aszimmetrikus konkurenciát hoz létre: a növények olyan anyagokat bocsátanak ki, amelyek más fajok fejlődését gátolják. Több agresszív gyomnövény, például a parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia*), bizonyítottan rendelkezik ilyen hatással (BRÜCKNER 1998, BRÜCKNER - SZABÓ 2001).

3.5.3. A gyomosodást befolyásoló agrotechnikai tényezők

Az agroökoszisztémák jellegét az alkalmazott művelési eljárások is jelentősen alakítják. Ide tartozik a vetésforgó, a termesztett növényfaj és -fajta, a talajművelés, a trágyázás, a növényápolás, valamint a kórokozók és kártevők elleni védekezés. Ezek az eljárások kedvezőbb feltételeket teremtenek a kultúrnövények számára, ugyanakkor módosítják az abiotikus tényezőket és a szántóföldi biocönózisok szerkezetét.

A vetéssűrűség és a műtrágyázás például növeli a kompetíciót, és olyan zárt állományt eredményezhet, amelyből eltűnnek a fényigényes gyomok. A herbicidek szintén átrendezik a gyomközösséget: az érzékeny fajok visszaszorulnak, míg a toleráns és rezisztens fajok felszaporodnak.

A gyomnövényzet összetétele gyakran utal az alkalmazott agrotechnikára. A gyomköles (*Panicum miliaceum* subsp. *ruderales*) tömeges megjelenése például intenzív, monokultúrás kukoricatermesztésre, míg a konkoly (*Agrostemma githago*) nagyobb egyedszáma saját, tisztítatlan vetőmag használatára enged következtetni (PINKE et al. 2005).

A vetésforgó csökkentheti a gyomosodási problémákat, mivel az eltérő vetési és érési idejű, különböző versenyképességű és eltérő talaj-előkészítést igénylő növények termesztése megszakíthatja a gyomfajok csírázását, növekedését és szaporodását legalább néhány évre (JORDAN et al. 1995). ANDERSSON - MILBERG (1998) három különböző vetésforgót hasonlított össze. Egyikben sem jelentkeztak súlyos gyomproblémák, és nem mutatkoztak egyértelmű különbségek a gyomnövényzetben. Arra a következtetésre jutottak, hogy gyomirtó szerek alkalmazása mellett a vetés sorrendje kevésbé jelentős tényező. Ha azonban a gyomirtók alkalmazását csökkenteni kell, vagy teljesen el kell hagyni, akkor a vetésforgó sokkal nagyobb jelentőséget kaphat (KAUPPILA 1990; PALLUTT 1993).

A monokultúrákban jelentősen több specialista faj található, mint a vetésforgóban, ami arra utal, hogy a vetésforgó inkább az általános fajgazdagságot növeli, mintsem az egyes növénykultúrákhoz specializálódott fajok számát. FRIED et al. (2010) a gyomnövényzet összetételét vizsgálták kukoricában monokultúrás és vetésforgós rendszerekben. Megállapították, hogy a gyomközösségek két fő módon reagálnak a vetésforgóra: az egyik válasz a monokultúrákhoz alkalmazkodó generalista fajok térnyerése, míg a másik olyan specialista gyomokat támogat, amelyek egyes növényfajokhoz kötődő körülmények között képesek fennmaradni. Ezek a specialisták a termesztett növényekkel váltakozva jelennek meg, és kedvezőtlen időszakokban a magbankban maradnak. A generalista *Chenopodium album* mindkét művelési rendszerben domináns volt. Monokultúrában a specialista fajok közül az *Echinochloa crus-galli* és az *Amaranthus retroflexus* voltak meghatározók, míg vetésforgóban a generalista *Polygonum aviculare* és *Fallopia convolvulus* voltak gyakoribbak.

A monokultúrás termesztés vagy a szűk vetésforgó esetén megkezdődik a környezeti stabilizáció. Ha ugyanazt a növényt termesztik egymást követő években, és az alkalmazott technológia lényegében változatlan marad, a bolygatás (technológia) és a stresszforrás (a versengő kultúrnövény) hosszú távon állandó környezetet teremt. Ez az állandóság relatív stabilitást biztosít a gyomközösségek

számára, ami a fajok nagyobb diverzifikációjában is megnyilvánul. A stabil élőhelyi feltételek kiegyensúlyozottabb tűrőképességi spektrumot alakítanak ki a gyompopulációkban, és elegendő időt biztosítanak a rendelkezésre álló niche-ek betöltésére. Minél hosszabb ideig állnak fenn az adott környezeti feltételek, annál több faj képes megtelepedni és fennmaradni. Az élőhelyi spektrum bármilyen változása – például más kultúrnövény termesztése vagy új technológia bevezetése – új niche-ek kialakulását eredményezi, amelyek betöltéséhez ismét idő szükséges. Ha egy faj korábbi niche-e megszűnik, az a faj eltűnik a területről. Az idő szerepét a fajgazdagság alakulásában STANDOVÁR - RICHARD (2001) is hangsúlyozzák.

Az elővetemény hatása a gyomflóra összetételére az őszi búza esetében csak csökkentett gyomirtó használat mellett volt kimutatható. Ugyanakkor szignifikáns kölcsönhatás figyelhető meg az elővetemény és a gyomsűrűség között az őszi búzában (ARBHRI et al. 1997).

A gyomfajok különbözőképpen reagálnak az alkalmazott talajművelési rendszerekre. Egyes fajok gyakorisága csökkentett művelés mellett nő, míg másoké csökken (JAMES et al. 2013). A csökkentett talajművelés különösen kedvez az évelő fajok elterjedésének, mint például az *Epilobium ciliatum*, *Poa trivialis*, *Cirsium arvense*, *Taraxacum officinale*, *Equisetum arvense* és *Elymus repens* (BUHLER et al. 1998; PEKRUN - CLAUPEIN 2006). Általánosságban elmondható, hogy csökkentett művelés esetén (például direktvetésnél) a talaj magbankja a talajfelszín közelébe koncentrálódik, míg intenzív művelés esetén a gyommagvak egyenletesebben oszlanak el a művelési réteg mélységében. A hagyományos talajművelés inkább az egynyári kétszikűek – például *Chenopodium album* és *Abutilon theophrasti* – elterjedését segíti elő (BUHLER – OPLINGER 1990).

Más vizsgálatok szerint a szántásalapú művelési rendszerekben jellemzően a kétszikű fajok dominálnak (FROUD-WILLIAMS et al. 1983; BARBERI et al. 1998). TRUFANOV et al. (2022) arról számoltak be, hogy bár a mélylazítás általában nem befolyásolja jelentősen az egynyári gyomok sűrűségét vagy biomasszáját, csökkentheti az évelő gyomok populációit, és ezáltal hozzájárulhat a termés hozam növekedéséhez. SANTÍN-MONTANYÁ et al. (2018) pedig kimutatták a *Portulaca oleracea* dominanciáját mind a forgatás nélküli, mind a hagyományos szántásos rendszerekben, ami tovább erősíti a művelésmód szerepét a gyomflóra szerkezetének alakításában.

Több tanulmány kimutatta a tábla méretének hatását a gyomosodásra. A tábla méretének növekedésével a gyomflóra diverzitása csökken (MARSHALL 2009; FAHRIG et al. 2015). Kisebb táblákban egyes művelési eljárások kevésbé hatékonyak lehetnek, egyes gyomszabályozási technológiák nem állnak rendelkezésre, vagy a kisebb táblamérethez gyakran kötődő kisebb gazdaságméret esetén a gazdák szakértelme nem elegendő (PINKE et al. 2013). Egyes tanulmányok

szerint kisebb táblákban gyakrabban fordul elő az *Ambrosia artemisiifolia*, ami arra utal, hogy a tábla léptéke befolyásolja a kukorica gyomflóráját (PINKE et al. 2011). A kisebb táblák esetében gyakoribbak a gyengén kezelt táblaszegélyek, amelyek fokozottan hajlamosak a gyomosodásra (FRIED et al. 2012), és ez a tábla belső területeinek gyomflórájára is hatást gyakorolhat.

A műtrágyázás mint agrotechnikai beavatkozás jelentős hatást gyakorol a gyompopulációk alakulására. A tápanyagok kijuttatása akkor a leghatékonyabb a kultúrnövények számára, ha a tápanyagok felszabadulása időben egybeesik a növények csúcstápanyag-igényével; ellenkező esetben a trágyázás a gyomok növekedését is elősegítheti (DITOMASO 1995; LITTLE et al. 2021). Hosszú távú kísérletek igazolták, hogy a nitrogénben gazdag trágyázás a nitrofil kétszikű fajok terjedését támogatja, míg az alacsonyabb nitrogénszintek inkább az egyszikűeknek kedveznek. A legmagasabb nitrogénadagok alkalmazása egyúttal a legkevésbé heterogén gyomközösségekkel járt együtt (KORDBACHEH et al. 2023; SADEGHPOUR et al. 2021).

3.6. A gyomszabályozásról

A Földön megközelítőleg 200 000 növényfajt tartanak számon, ezek közül mintegy 6700 faj befolyásolja a növényvédelmet. Ezen belül körülbelül 200 olyan faj van, amely globális szinten problémát jelent, és jelentős gyomnövényként tartják nyilván (HOLM et al. 1977).

„Gyomnövénynek nevezünk bármilyen fejlődési stádiumban lévő olyan növényt vagy növényi részt (rizóma, tarack, hagyma, hagymagumó), amely ott fordul elő, ahol nem kívánatos” (HUNYADI 1974).

A gazdasági jelentőségű gyomnövények evolúciós fejlődésük során három alapvető tényezőhöz alkalmazkodtak sikeresen: a gyors növekedéshez és erőteljes versengési képességhez, a hatékony szaporodási szakasz biztosításához, valamint az agrotechnikai és herbicides védekezési módszerekhez (HUNYADI 2000).

A gyomnövények hatása a kultúrnövényekre lehet közvetlen vagy közvetett. Közvetlen hatásként jelentkezik a termőhely elfoglalása, a talaj víz- és tápanyagtartalékainak elvonása, a talajhőmérséklet csökkenése, valamint a haszonnövények elnyomása. Emellett egyes gyomfajok köztesgazdaként szerepet játszhatnak kártevők és kórokozók fennmaradásában is (UJVÁROSI 1973). Közvetett

hatásról akkor beszélünk, ha a gyomok nem befolyásolják közvetlenül a termés hozamot, de például toxikus vegyületeket termelnek vagy megnehezítik a betakarítást.

Különös figyelmet érdemel a kompetíció jelensége, amely a gyomnövények és kultúrnövények közötti tápanyagért, fényért és vízért folyó versengésben nyilvánul meg. Kukorica esetében ez különösen hátrányos lehet, mivel a gyomnövények gyakran jobb tápanyagfelvételi képességgel és gyorsabb fejlődési eréllyel rendelkeznek, így könnyen előnyhöz juthatnak a vegetációs időszak korai szakaszában (CLEMENTS 1907).

A gyomszabályozás fogalmának tudományos alapjait elsőként SHAW (1982) fogalmazta meg, aki rendszerelvű megközelítéssel írta le a gyomszabályozás lényegét. E szemléletmód célja nem csupán a gyomok jelenlétének csökkentése, hanem azok termesztésre gyakorolt hatásának minimalizálása, valamint a termés hozam optimalizálása, mindezt úgy, hogy a megelőzési és védekezési elemeket egyaránt figyelembe veszi (SHAW 1982; ALDRICH 1984).

A modern gyomszabályozás középpontjában már nem a gyomnövények hagyományos értelemben vett teljes kiirtása áll, hanem sokkal inkább a szaporítóképletek kialakulásának megelőzése, a gyomkelés megakadályozása a kultúrnövény-állományban, valamint a kultúrnövény és gyom közötti versengés (kompetíció) csökkentése (VARGA et al. 2000). Ezzel a célrendszerrel a gyomszabályozás szervesen beépül a mezőgazdasági termelési rendszerbe, amelyben biológiai, ökológiai, kémiai és technológiai tényezők együttesen alakítják a védekezés lehetőségeit (BERZSENYI 2000).

BERZSENYI (2000) hangsúlyozza, hogy a hatékony gyomszabályozás nem az egyes módszerek önálló alkalmazására épül, hanem azok integrált, egymást kiegészítő használatára. A stratégia célja nem a teljes gyompopuláció megsemmisítése, hanem annak olyan szinten tartása, amely gazdaságilag nem jelent számottevő veszteséget. E gazdasági küszöbérték meghatározása azonban nem csupán tapasztalati alapon történik, hanem biológiai és ökonómiai tényezők előrejelzésén, valamint ezek szintetizálásán alapul (HUNYADI 1993).

3.6.1. Integrált gyomszabályozás

Az integrált gyomszabályozás szemlélete az agroökoszisztéma szabályozott működésén alapul, célja pedig a gyomnövények populációjának olyan szinten tartása, amely sem az adott termesztési évben, sem a következő években nem okoz gazdasági kárt (SHAW 1982). Az irányzat lényege nem a

gyomnövények teljes megsemmisítése, hanem azok kiszorítása a kultúrnövényekkel való közvetlen versengésből (HÁMOS 1994).

Az integrált gyomszabályozás komplex megközelítést alkalmaz, amely többféle módszer összehangolt alkalmazását jelenti. Ide tartoznak:

- az agrotechnikai beavatkozások, mint a vetésváltás, a vetésidő és tőszám optimalizálása,
- a mechanikai eljárások, például a kultivátorozás vagy különböző talajművelési technikák,
- a biológiai módszerek, például mikroherbicidek alkalmazása,
- a herbicides védekezés,
- valamint ezek ökológiai, gazdasági és technológiai szempontokat figyelembe vevő kombinációja.

A stratégia célja a terméshozam maximalizálása, miközben minimalizálja a gyomnövények káros hatását. Az integrált megközelítés egyik alappillére a megelőzés és a szabályozás, szemben a kizárólag reakcióalapú védekezéssel.

Az agrotechnikai módszerek széles eszköztárral szolgálnak a gyomszabályozás számára. Ilyenek például a megfelelő termőhely megválasztása, a művelésmód és a vetés idejének, illetve mélységének meghatározása, a jó talaj-előkészítés, a növénytaplálás előzetes vizsgálatokra épülő megtervezése, a vetésforgó alkalmazása, az optimális tőszám beállítása, ellenálló vagy toleráns fajták használata, a megfelelő tápanyagellátás biztosítása, valamint a terület gyommentesen tartása (REISINGER 1991; 1996).

SUTTON és munkatársai (1999) szerint az integrált védekezés hatékonysága nagymértékben múlik a szerrotáció alkalmazásán, valamint azon, hogy a gyomok kompetitív előnyét a korai fejlődési szakaszban megszüntessük. BERZSENYI (2000) ezzel összhangban a vetésforgót nemcsak a kultúrnövények, hanem a herbicidek váltakoztatásának eszközeként is meghatározza, kiemelve az agrotechnikai gyomszabályozás komplex szerepét.

A gyomnövények rendszeres felvételezése szintén alapvető elemét képezi az integrált gyomszabályozásnak, hiszen ezzel lehetőség nyílik a védekezési technológiák előre tervezésére és pontosabb kivitelezésére (REISINGER 2001).

Az integrált gyomszabályozás egybevág az integrált növényvédelem alapelveivel (8P = 8 principles), melyek a következők (BARZMAN et al. 2015; KISS et al. 2017):

(P1) A termesztési rendszerek eleve magas szintű ökológiai és gazdálkodási stabilitásának kialakítása – több, egymást kiegészítő agronómiai beavatkozás összehangolt alkalmazásával – alapvető jelentőségű a károsítók elleni megelőző védekezésben.

(P2) A megfigyelési, riasztási és előrejelzési rendszerek helyi szintű hozzáférhetősége olyan adottság, amelyet a növényvédelmi tervezés során figyelembe kell venni.

(P3) A döntéshozatali folyamatba célszerű beépíteni a termesztési rendszer sajátosságait, lehetővé téve ezzel hosszú távú, fenntartható növényvédelmi stratégiák kialakítását.

(P4) A peszticideknél kisebb hatékonyságú, nem kémiai alapú módszerek kombinációja szinergikus hatást fejthet ki, növelve a védekezés összhatékonyságát.

(P5) Új biológiai hatóanyagok és készítmények fejlesztése, valamint a meglévő adatbázisok célzott felhasználása lehetőséget biztosít olyan növényvédelmi termékek kiválasztására, amelyek minimalizálják az emberi egészségre, a környezetre és a kártevők természetes szabályozó szervezeteire gyakorolt negatív hatásokat.

(P6) A peszticid-felhasználás csökkentése eredményesen összekapcsolható más, komplementer növényvédelmi taktikákkal.

(P7) A peszticid-rezisztencia kialakulásának alapvető okainak kezelése jelenti a legígéretesebb irányt a hosszú távon fenntartható növényvédelmi megoldások kidolgozásában.

(P8) A több tenyészidőszakra kiterjedő hatások és az esetleges gazdasági–ökológiai kompromisszumok integrálása az értékelési kritériumokba hozzájárul a valóban fenntartható növényvédelmi rendszerek fejlesztéséhez.

2014. január 1-jétől az EU-tagállamokban minden hivatásos növényvédőszer-felhasználónak az integrált növényvédelem (IPM) alapelvei szerint kell végeznie a növényvédelmi tevékenységet. Ez a kötelezettség a 2009/128/EK irányelvből ered, amely kimondja, hogy a tagállamoknak biztosítaniuk

kell, hogy az IPM általános elveit minden hivatásos felhasználó betartsa. (EUR-LEX 2009). Magyarországon a 2009/128/EK irányelv nemzeti szintű átültetése révén (43/2010. (IV. 23.) FVM-rendelet) minden hivatásos termelő számára kötelező az IPM alapelveinek alkalmazása.

3.6.2. Precíziós gyomszabályozás lehetőségei

A precíziós növénytermesztés és növényvédelem egy új lehetőséget kínál a gyomszabályozás hatékonyabb megvalósítására. Ennek alapját a Globális Helymeghatározó Rendszer (GPS) képezi. A táblán belül különböző pontokon szükséges mérni a változó paramétereket. Ehhez elengedhetetlen a pontos helymeghatározás, hogy a kezelések alkalmával vissza lehessen térni ezekre a helyszínekre. A mezőgazdasági gyakorlatban ezt a valós idejű Differenciál Globális Helymeghatározó Rendszer (DGPS) teszi lehetővé, amely akár 1 cm pontosságot is biztosíthat. A táblán mért adatokat térinformatikai szoftverek segítségével lehet feldolgozni. A mintavételi pontokhoz tartozó adatok alapján a feldolgozás során olyan térképek készíthetők, amelyek pontosan ábrázolják az egyes gyomfajok elterjedését (gyomtérképek), így lehetővé téve a helyspecifikus kezelések megtervezését és végrehajtását. Az automatizált kijuttatás során a traktor, amelyre a munkagép csatlakozik, DGPS vevő segítségével folyamatosan meghatározza pozícióját a táblán belül, és az érzékelők vagy az előzetesen, irodai környezetben elkészített térképek alapján kizárólag azokon a területeken végzi el a beavatkozást, illetve olyan gyomirtó szer vagy műtrágya mennyiséget juttat ki, amelyet a kezelő előre meghatározott (MÁRTON 2013).

A precíziós növényvédelem keretén belül egyre nagyobb hangsúlyt kap a helyspecifikus gyomszabályozás iránti igény. Ennek háttérében az a probléma áll, hogy a mezőgazdasági táblákon a károsító szervezetek – így a gyomnövények is – gyakran egyenetlenül, foltszerűen fordulnak elő. Ezzel szemben a gyakorlatban alkalmazott növényvédelmi beavatkozások többnyire egységesen, a teljes táblára kiterjedően történnek, figyelmen kívül hagyva az eloszlásbeli különbségeket. Ez az eltérés – a kezelések homogenitása és a károsítók heterogén előfordulása között – különösen jól megfigyelhető a gyomflóra esetében (NAGY 2004). Mindezek alapján egyértelművé válik, hogy a különböző ökológiai adottságokkal rendelkező táblarészek eltérő, úgynevezett „cella-szintű” beavatkozásokat igényelnek. Ezek kivitelezését a precíziós mezőgazdasági technológiák teszik lehetővé. A módszer célja, hogy minden egyes kezelési ponton kizárólag annyi növényvédő szer kerüljön kijuttatásra, amennyi feltétlenül szükséges a hatékony védekezéshez, anélkül, hogy az eredményesség csökkenne. A helyspecifikus növényvédelmi eljárások révén gyakran jelentős mennyiségű peszticid megtakarítás érhető el (NAGY et al. 2003; ZALAI 2025).

A növényvédőszer kijuttatás legújabb módja a permetező drónok használata. A technológia számos előnnyel rendelkezik a földi permetező gépek alkalmazásához képest. Ezek közül kiemelendő, hogy általa a kezelendő terület talajának és a növénykultúrájának taposása nélkül – akár felázott talaj esetén is – elvégezhetőek a beavatkozások. Továbbá, a forgó rotoros drón repülési sajátosságaiból adódóan nagy mennyiségű levegőt présel maga alá és egyben a kezelt növényállomány belsejébe, ezáltal a permetlé a lombzat „mélyebb” rétegeibe is eljuthat, ami sűrűbb növényállomány esetén is kedvező szórásképet eredményez. E mellett megemlítendő, hogy az alkalmazott kisebb lémenységből adódóan könnyebb az eszköz kiszolgálása. A technológia használata esetén kockázati szempontként kell értelmezni, hogy az üzemszerűen kisméretű (100-200 μm) permetlé cseppméretből adódóan megnő az elsodródás és elpárolgás kockázata, valamint a kis lémenység (10-30 l/ha) következtében elégtelen permetlé fedettség alakulhat ki. Ezen hatásokat a megfelelő permetezési meteorológiai környezet megválasztásával, a megfelelő repülési beállításokkal és az emelt permetlé mennyiség alkalmazásával orvosolhatjuk (BORHI és ZALAI2023).

Bár a drónos permetező rendszernek nem kötelező része, de a pontos, precíz permetlé előállítás, a felhasználó egészségének védelme és az eredményes üzemeltetés érdekében elengedhetetlen nagy pontosságú permetlé előkészítő rendszer használata. A drónos permetezés több mint fél évtizedes hazai múltjának köszönhetően e célra rendelkezésre állnak digitálisan vezérelt eszközök is (TARNAWA et al. 2025).

4. ANYAG ÉS MÓDSZER

A kutatásomat 2018 és 2021 között végeztem Magyarország keleti térségében, Borsod-Abaúj-Zemplén, Szabolcs-Szatmár-Bereg, Hajdú-Bihar és Békés vármegyék területén. A négyéves vizsgálat során kukorica és őszi búza kultúrában elemeztem a gyomflóra alakulását. A pontosabb értékelés érdekében a vizsgálati helyszíneket régiókra osztottam, olyan csoportosítási elv alapján, amely figyelembe vette a talajtani és földrajzi sajátosságokat. A közigazgatási, vármegyéenkénti bontás alkalmazása nem lett volna célszerű, mivel az figyelmen kívül hagyhat olyan környezeti tényezőket, amelyek közvetlen hatást gyakorolnak a termesztéstechnológiai gyakorlatokra, ezáltal pedig a gyomflóra alakulására.

4.1. A mintavétel és az adatfeldolgozás módszereinek bemutatása

A kutatómunka megtervezése során megfogalmazott célkitűzések megválaszolására a következő adatgyűjtési és adatfeldolgozási módszereket alkalmaztam:

1. Melyek a leggyakoribb és legnagyobb borítású gyomfajok az őszi búza és a kukorica kultúrákban, és ezek fajlistája, valamint gyomfedettségi szintje milyen eltéréseket mutat térben és időben?

Az 1. számú célkitűzés megválaszolása érdekében mindkét vizsgált kultúrában szántóföldi gyombiológiai felméréseket végeztem. A felvételezések során meghatároztam a jelenlévő gyomfajokat, és rögzítettem azok fajonkénti százalékos borítási értékeit. Az így nyert adatokat kultúránként átlagoltam, majd a gyomnövényfajokat borítási arányuk és előfordulási gyakoriságuk alapján fontossági sorrendbe állítottam. A vizsgált növénykultúrák termesztéstechnológiai sajátosságainak, valamint az alkalmazott kutatási módszer részletes ismertetését a további alfejezetek tartalmazzák.

2. Milyen mértékű kapcsolat mutatható ki a gyomflóra fajgazdagsága, borítottsága és diverzitása között, illetve ezek hogyan alakulnak a különböző régiók, évek és termesztéstechnológiák függvényében?
3. Milyen talajtani (pl. humusztartalom, pH, mikro- és makrotápanyagok), környezeti (pl. éghajlati jellemzők, földrajzi koordináták), valamint mezőgazdasági (pl. művelési mód,

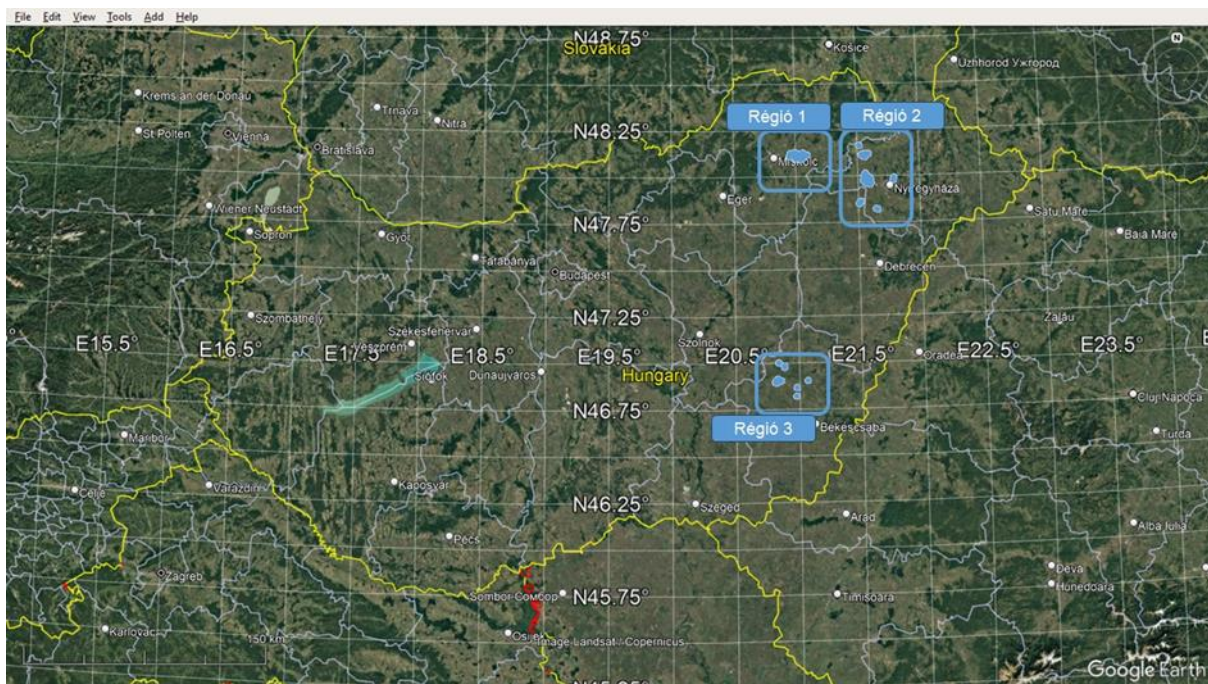
- tápanyag-utánpótlás, elővetemény) változók hatnak leginkább a gyomflóra összetételére, fajszáma és gyomszintjére a két kultúrában?
4. Megállapíthatók-e olyan gyomfajok, amelyek indikátorfajként szolgálhatnak bizonyos termesztési rendszerekre vagy környezeti adottságokra vonatkozóan?
 5. Milyen mértékű hatása van a gazdálkodók által befolyásolható tényezőknek (pl. talajművelés típusa, trágyázás, vetésforgó) a gyomközösségek szerkezetére a klíma és a régió adottságaihoz képest?

A 2–5. számú célkitűzések megválaszolása érdekében a rendelkezésre álló, a táblákat művelő gazdálkodóktól származó talajtani, környezeti és gazdálkodási adatokat összegyűjtöttem és egységes adatbázisba rendeztem. A gyomfelvételezések eredményeit – ideértve a fajszámot, borítottságot és diverzitási értékeket – ezen háttérváltozók mentén statisztikai módszerekkel elemeztem. Az elemzések célja az volt, hogy feltárjam az egyes tényezők hatását a gyomflóra szerkezetére, fajgazdagságára, valamint, hogy azonosítsam az esetleges indikátorfajokat, továbbá értékeljem az antropogén és környezeti hatások relatív súlyát a gyomközösségek alakulásában.

Végül az eredményeket értékeltem, összefüggéseket tártam fel, majd következtetéseket és javaslatokat fogalmaztam meg.

4.2. A vizsgálati helyszínek bemutatása

A kukoricával kapcsolatos vizsgálatokat három elkülönített régióban végeztem, összesen 90 táblán. Az első régió a Sajó–Hernád sík területét foglalta magában. A második régió több, agroökológiai szempontból hasonló mikrorégió összevonásával jött létre; ide tartozott a Szoboszlói-Hajdúság, a Hajdúhát, a Lőszös-Nyírség, valamint a Nagyállói-Nyírség. A harmadik vizsgálati egységet a Körös-menti sík alkotta (3. ábra).



3. ábra: A kukoricában végzett vizsgálatok helyszínei Magyarország térképén
(GOOGLE EARTH, 2025)

Kukorica 1. régió bemutatása

A régiót alkotó Sajó-Hernád-sík tájegység az Alföldhöz tartozik, és az Észak-Alföld peremén helyezkedik el, mélyen benyúlva az Északi-középhegység területére. A vizsgált mintaterületek térbeli eloszlása a következő koordináták között helyezkedett el: É 48,082778°–48,120278°, K 20,932056°–21,074250° (3. ábra). A tájat enyhén hullámos síkságok és alacsony dombosági formák jellemzik. Az éghajlat mérsékelt meleg és száraz. A lösztakarós dombvidéki területen jellemzőek a kúpvonalú felszíni formák, a földhasználat túlnyomórészt szántóföldi művelésű. A talajvízszint közepesen mélyen helyezkedik el, a domináns talajtípusok közé tartozik a csernozjom, a barna erdőtalaj és a réti csernozjom. Az emberi tevékenység jelentős mértékben átalakította a természetes környezetet, mozaikos, heterogén tájszerkezetet eredményezve. A domborzatot és a vízhálózatot is jelentős mértékben módosították, amely minden talajtulajdonságban észlelhető változásokat idézett elő. Jelenleg a természetes növényzet csupán a mikrorégió mintegy 20%-át fedi. A Shannon-féle diverzitási index 0,66 és 1,38 között változik, ami közepes biodiverzitást jelez. Az éghajlatváltozási

előrejelzések tükrében a földhasználat módosításának lehetősége és szükségessége mérsékeltnek tekinthető (CSORBA 2021).

Kukorica 2. régió

Ebben a régióban négy, hasonló ökológiai jellemzőkkel bíró mikrotáj került azonosításra: a Szoboszlói-Hajdúság, a Hajdúhát, a Lössös-Nyírség és a Nagykállói-Nyírség. Mindegyik az Alföld nagytáj részét képezi, a Duna–Tisza közti tájegységbe tartoznak. A felvételezett területek térbeli eloszlása É 47,811682°–48,160491°, K 21,485486°–21,762198° koordináták között történt (3. ábra). A tájra mérsékelten kontinentális éghajlat és enyhén hullámos felszín jellemző. A jellemző talajtípusok között megtalálható a lösz, a csernozjom, a humuszban gazdag homoktalaj, valamint a szél által felhalmozott homoktalajok. Az eredeti természeti viszonyok részben még fennmaradtak, de mérsékelten módosultak az emberi tevékenység hatására. Az intenzív szántóföldi művelés a talajszerkezet bolygatottságához vezetett, ahol defláció és tömörödés is megfigyelhető. Ezek a folyamatok kedvezőtlenül hatottak a vízmegtartó képességre és a talaj levegőzöttségére. A természetes növényzet jelenleg csupán 10–20%-át borítja a térségnek. A Shannon-féle diverzitási index 0,61 és 1,72 között változik, ami mérsékelt ökológiai sokféleségre utal. A térség közepes mértékben érzékeny a természeti veszélyekre, különösen a szél általi erózióra és aszályra, míg a belvízveszély továbbra is jelentős. A klímaváltozás hatásai alapján a jelenlegi földhasználati szerkezet mérsékelt átalakulása valószínűsíthető (CSORBA 2021).

Kukorica 3. régió

A régiót alkotó Körös-menti sík az Alföld nagytáj része, mérsékelten kontinentális éghajlatú, magas talajvízállású, korábban rendszeresen elöntött terület, amelyet mára jelentős mértékben lecsapoltak. A régió elsősorban mezőgazdasági művelésű, jellemző talajai a réti talajok, illetve egyes helyeken a szikes réti öntéstalajok. Az éghajlat meleg és száraz. A térség teljesen sík, jellemzői a nagy összefüggő szántóföldi táblák, amelyeket facsoportok és cserjesávok tagolnak, kijelölve a birtokhatárokat. A természetes tájképet jelentősen átalakította az emberi beavatkozás, így az nagymértékben eltér az eredeti állapottól. A vízrendezési munkálatok jelentősen módosították a térség domborzatát és talajviszonyait is. Ennek következtében a természetes vegetáció aránya 20% alá csökkent. A térség földhasználati sokfélesége alacsony, a Shannon-féle diverzitási index 1,06, szemben az országos átlag 1,41-es értékével, ami korlátozott tájszerkezeti változatosságra utal. Az ökológiai kockázatok magasak, különösen az elöntések, belvízveszély és az aszály tekintetében. A

klímaváltozás előrejelzései szerint a térség földhasználata fokozott érzékenységet mutat, így a jövőben jelentős átalakulás valószínűsíthető (CSORBA 2021). A vizsgált területek térbeli eloszlása É 46,784400°–46,967608°, K 20,823639°–21,081198° koordináták között helyezkedett el (3. ábra).

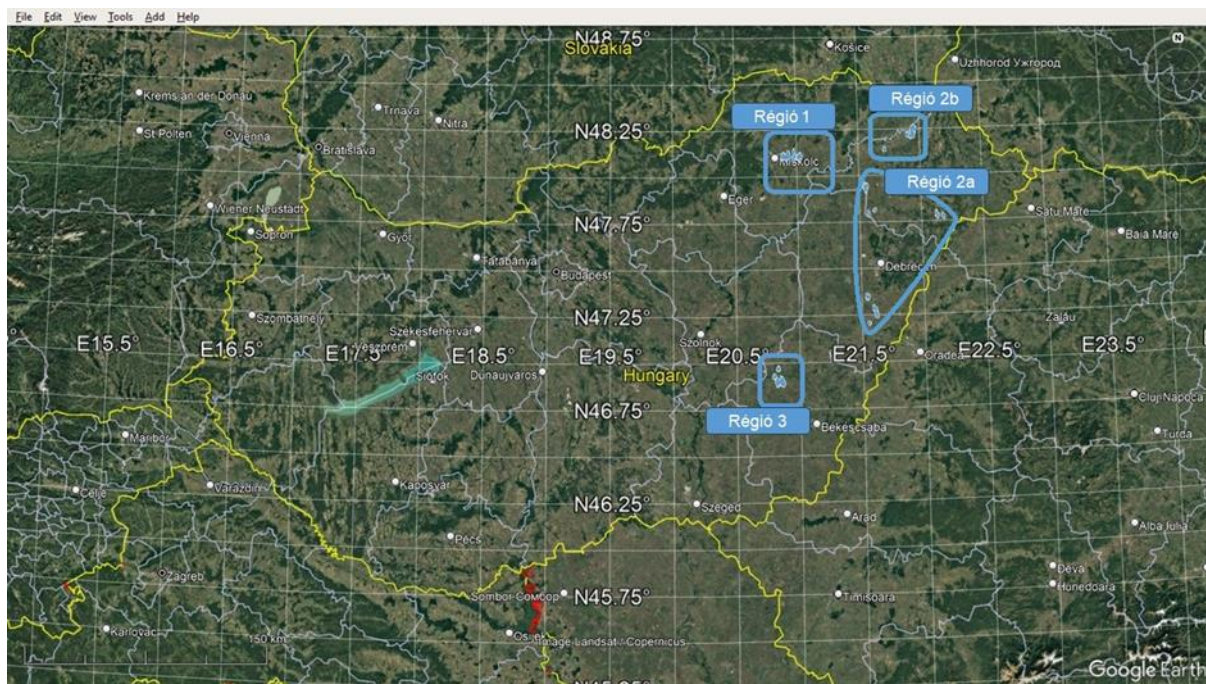
A vizsgált régiókra és időszakokra vonatkozó meteorológiai adatokat összegyűjtöttem és elemeztem. Bár a csapadékmennyiségek területenként eltérően alakultak, az évszakos eloszlás viszonylag egységes mintázatot mutatott. Az 1. és 3. régióban a legcsapadékosabb évek 2018 és 2021 voltak, míg 2020-ban közel az átlagos értékekhez közeli csapadékmennyiséget regisztráltak. Ezzel szemben a 2. régióban a legnagyobb csapadékösszegek 2020-ban, valamint 2018-ban és 2021-ben fordultak elő. 2019 valamennyi régióban kiemelkedően száraz év volt. Az éves átlaghőmérséklet a vizsgált térségekben 10,6 °C és 12,2 °C között mozgott. A szárazabb időszakokat általában magasabb átlaghőmérséklet kísérte minden vizsgált területen (3. táblázat).

3. táblázat: A három régió meteorológiai adatai a vizsgált években az kukoricában végzett felvételezéseket megelőző 12 hónapban (HUNGAROMET 2025)

Év*	1. Régió		2. Régió		3. Régió	
	Csapadék (mm)	Átlaghőm. (°C)	Csapadék (mm)	Átlaghőm. (°C)	Csapadék (mm)	Átlaghőm. (°C)
2018	604.5	11.0	594.5	11.6	771.5	12.0
2019	452.8	11.3	417.6	12.0	553.7	12.2
2020	541.5	11.0	660.0	11.7	545.7	12.0
2021	597.3	10.6	629.5	11.2	634.6	11.6
2018–2021 átlag	549.0	11.0	575.4	11.6	626.4	12.0

*Minden év a megelőző év júliusától az adott év júniusáig tartó időszakra vonatkozik

Az őszi búza gyomfelvételezéseinek helyszíneit négy régióba soroltam, a kukoricatermesztés esetében alkalmazott szempontrendszerhez hasonlóan, elsősorban talajtani és földrajzi adottságok figyelembevételével. Az első régiót a Körös-menti sík alkotta. A 2a jelű régió öt, karakterisztikájukban egyező mikrorégió egyesítésével jött létre: a Szoboszlói-Hajdúság, a Hajdúhát, a Lőszös-Nyírség, a Nagykállói-Nyírség, valamint a Nyírbátori–Kisvárdai Nyírség tartozott ide. A 2b jelű régió a Rétközt foglalta magában, míg a harmadikba a Harangod térsége és a Sajó–Hernád sík került (4. ábra). A vizsgált területek koordinátáit a 4. táblázat tartalmazza.



4. ábra: Az őszi búzában végzett vizsgálatok helyszínei Magyarország térképén
(GOOGLE EARTH 2025)

4. táblázat: A vizsgált régiók koordinátái

<i>Régió neve</i>	<i>Koordináták</i>
<i>Régió 1</i>	N 48,09211-48,13186° E 20,89881-21,04850°
<i>Régió 2a</i>	N 47,25217-47,98889° E 21,53772-22,21208°
<i>Régió 2b</i>	N 48,14931-48,26322° E 21,72671-21,97483°
<i>Régió 3</i>	N 46,85889-47,01539° E 20,83561-20,91650°

Kalászosok 1. régió

Ez a régió a Harangod és a Sajó–Hernád-sík mikrorégiókat foglalja magában, amelyek szintén az Alföld nagytájhoz tartoznak, az Észak-Alföld peremén, mélyen benyúlva az Északi-középhegység tagjaiba. A térséget enyhén hullámos síkság és dombsági hatás egyaránt jellemzi. Az éghajlat mérsékeltlen meleg és száraz. A terület löszborítású előhegységi jellegű, kúpvonalas felszínformákkal, ahol a szántóföldi művelés a meghatározó. A talajvízszint közepesen mélyen helyezkedik el, a jellemző talajtípusok a csernozjom, a barna erdőtalaj és a réti csernozjom. Az emberi tevékenység erőteljesen módosította a természetes adottságokat, így a táj mozaikos, heterogén szerkezetűvé vált. A domborzatot és a vízhálózatot nagymértékben szabályozták és átalakították, amely minden talajtulajdonságban érzékelhető nyomokat hagyott. A természetes vegetáció jelenleg a

mikrorégió mindössze 20%-át borítja. A Shannon-index 0,66 és 1,38 között változik. A klímaváltozás előrejelzései alapján a jelenlegi földhasználat módosításának mértéke és valószínűsége mérsékeltnak ítéhető (CSORBA 2021).

Kalászosok 2.A régió

Ebben a régióban öt, hasonló jellegű mikrotáj került egy csoportba: a Szoboszlói-Hajdúság, Hajdúhát, Lőszös-Nyírség, Nagykállói-Nyírség, valamint a Nyírbátori–Kisvárdai Nyírség. Mindegyik az Alföld nagytájhoz, azon belül a Duna–Tisza közti térséghez tartozik. A terület mérsékelten kontinentális éghajlatú, enyhén hullámos felszínű. A domináns talajtípusok közé tartozik a lösz, a csernozjom, a humuszban gazdag homoktalaj, valamint a futóhomokos váztalaj. Az eredeti természeti állapotokat mérsékelten módosította az emberi tevékenység. Az intenzív szántóföldi gazdálkodás következtében a talajszerkezet tovább romlott, a defláció és a tömörödés jellemző folyamatok, amelyek rontják a vízmegtartást és a talaj levegőözöntségét. A természetes növényzet csupán a terület 10–20%-án van jelen. A Shannon-féle diverzitási index 0,61 és 1,72 között változik, ami közepes tájszerkezeti változatosságot jelez. A térség természeti veszélyekkel szembeni sérülékenysége általában közepes, különösen a szélerózió és az aszály terén, ugyanakkor a belvízkockázat továbbra is magas. A klímaváltozás következtében a földhasználati struktúra mérsékelt átalakulása várható (CSORBA 2021).

Kalászosok 2.B régió

Ez a régió a Rétköz mikrorégiót foglalja magában, amely szintén az Alföld nagytájhoz tartozik. A táj teljesen sík felszínű, éghajlata száraz és meleg. A terület korábban vízjárta vidék volt, enyhén tagolt, rossz vízelvezetésű, visszahódított árterület, ahol jelenleg a szántóföldi művelés dominál, főként réti és ártéri talajokon. A táj természetes jellemzőit elsősorban a vízrendezési munkák alakították át. A gátak és csatornák kiépítése megváltoztatta a felszínt, valamint a talaj fizikai és kémiai tulajdonságait is mérsékelt mértékben módosította. A természetes növényzet jelenléte mindössze 10–15%-ra tehető. A földhasználati sokféleség Shannon-indexe alacsony, 1,15, amely elmarad az országos átlagtól (1,41). A természetes veszélyekkel szembeni sérülékenység jelentős, különösen elöntések és belvizes

károk esetén. A klímaváltozás hatására várhatóan nőni fog a földhasználat érzékenysége, és átrendeződés valószínűsíthető (CSORBA 2021).

Kalászosok 3. régió

A Körös-menti sík az Alföld nagytáj része, mérsékelt kontinentális éghajlatú, magas talajvízállású, korábban rendszeresen elöntött terület. A régió főleg mezőgazdasági művelésű, jellemző talajai a réti talajok és a szikes réti öntéstalajok. Az éghajlat meleg és száraz. A térség tökéletes síkság, nagy területű, összefüggő szántóföldi táblákkal, amelyeket facsoportok és cserjesávok tagolnak. Az emberi beavatkozás mind a természetes tájképet, mind a talajviszonyokat jelentősen formálta, főleg az intenzív vízrendezési munkálatok miatt, így az nagymértékben eltér az eredeti állapottól. Ennek következtében a természetes vegetáció aránya 20% alá csökkent. A térség földhasználati sokfélesége alacsony, a Shannon-féle diverzitási index az országos átlagtól (1,41) alacsonyabb, értéke csupán 1,06, ami korlátozott tájszerkezeti változatosságra utal. A régióban az ökológiai kockázatok magasak, főleg az elöntések, belvízveszély és az aszály tekintetében. A klímaváltozás előrejelzései szerint a térség földhasználata fokozott érzékenységet mutat, így a jövőben jelentős átalakulás valószínűsíthető (CSORBA 2021)

A vizsgált évek és régiók meteorológiai adatait is rögzítésre kerültek (5. táblázat). A vizsgált régiók meteorológiai adatai havi bontásban megtalálható a Függelékek fejezetben, az A2 számú táblázatban. A csapadék eloszlása régióként eltért, ugyanakkor éves viszonylatban hasonló mintázatot mutatott. A legcsapadékosabb évek 2018 és 2021 voltak, míg 2020 átlagos mennyiségű csapadékot hozott, 2019 pedig jellemzően száraz évnak bizonyult. Az éves átlaghőmérséklet 10,8 °C és 12,0 °C között változott a különböző években és térségekben. Minden régióban megfigyelhető volt, hogy a szárazabb évekhez magasabb átlaghőmérséklet társult. Mind a csapadék, mind az átlaghőmérséklet esetében az évek közötti eltérés nagyobb mértékű volt, mint a régiók közötti különbségek.

5. táblázat: A négy régió meteorológiai adatai a vizsgált években az őszi búzában végzett felvételezéseket megelőző 12 hónapban (HUNGAROMET 2025)

Év*	1. Régió		2. A Régió		2. B Régió		3. Régió	
	Csapadék (mm)	Átlaghőm. (°C)	Csapadék (mm)	Átlaghőm. (°C)	Csapadék (mm)	Átlaghőm. (°C)	Csapadék (mm)	Átlaghőm. (°C)
2018	618.6	10.7	643.4	10.6	699.3	10.9	737.5	11.9
2019	401.0	11.5	433.3	11.4	432.3	11.6	527.3	12.4
2020	572.4	11.2	623.4	11.0	540.9	11.5	589.8	12.3
2021	638.0	10.4	710.6	10.3	768.3	10.5	664.8	11.5
Átlag	557,5	11,0	602,7	10,8	610,2	11,1	629,9	12,0

*Az „év” alatt az előző év júliusától a tárgyév júniusáig tartó időszakot értjük

Az elmúlt évtizedek éghajlati folyamatai egyre nagyobb fokú bizonytalanságot mutatnak az előrejelzések szempontjából. A szélsőséges időjárási jelenségek irányába mutató folyamatok erősödnek, különösen a csapadék térbeli és időbeli eloszlásában. Gondot okoz nemcsak a lehulló csapadék mennyisége, hanem annak évközi eloszlása is, hogy mikor és milyen gyakorisággal fordulnak elő csapadékos napok.

4.3. A kutatás módszerei

4.3.1. A gyomfelvételezés módszere

A vizsgált térségek jellemző gyomösszetételének meghatározása, valamint a talajtani, környezeti és gazdálkodási tényezők gyomnövényzetre gyakorolt hatásának értékelése érdekében 2018 és 2021 között összesen 103 őszi búza táblát és 90 kukorica táblát vizsgáltam meg. A Függelék fejezetben található A1 táblázat tartalmazza a vizsgált táblák számát kultúránkénti, régiókénti és éves bontásban.

A gyomfajok és nemzetségek tudományos nevét az EPPO adatbázis alapján határoztam meg (EPPO 2025). Azokat az eseteket, amikor a fajszintű azonosítás nem volt lehetséges (például *Consolida* spp.), nemzetség szinten kezeltem. Ha egy faj több taxont foglal magában (sensu lato), a polimorf faj nevét használtam, például *Veronica hederifolia* esetében.

A gyomösszetétel meghatározásához minden megjelenő fajt (nemzetséget) rögzítettem, valamint azok borítási értékét is – vagyis azt, hogy a gyomok föld feletti részei a talajfelszín hány százalékát

fedték le (VAN DER MAAREL - FRANKLIN 2013). A mintavételt minden tábla esetében nyolc, véletlenszerűen kijelölt, 1×1 méteres kvadrátban végeztem (5. ábra), a táblaszegélytől legalább 10 méteres távolságot tartva (ZALAI et al. 2012). Az összes további elemzéshez a fajok táblaátlagait használtam. Jelen felvételezési módszer nem alkalmas a mintatereken kívül előforduló fajok jelenlétének rögzítésére, és ezek semmilyen formában nem kerültek be az elemzésekbe, értékelésekbe. A mintatereken kívül megjelenő fajok rögzítésének az szabott gátat, hogy a dolgozatomban szereplő minden egyes vizsgálat minden táblában azonos területű és mintázatú mintaterről kellett származzon a hiteles összehasonlítás érdekében.



5. ábra: Gyomfelvételezés kukoricában, 2018-ban. (SAJÁT FOTÓ)

A vizsgált területeken rögzítettem a gyomnövényzetet befolyásoló talajtani (a továbbiakban „talajtani változók”), környezeti („környezeti változók”) és gazdálkodási („gazdálkodási változók”) tényezőket is (6. és 7. táblázat). Ezeket részben saját talajvizsgálati eredményekből, GPS-adatbázisokból, részben pedig a gazdálkodókkal készített interjúk alapján gyűjtöttem össze.

A vizsgálat során, minden területen rögzítettem a következő talajtani változókat: talaj kötöttsége, talaj pH értéke, sótartalma, humusztartalma, nitrogén, foszfor, kálium, mész, nátrium, magnézium, kén, réz, mangán és cink tartalma.

A következő környezeti változókat jegyeztem fel a vizsgált területeken: a hosszúsági és szélességi koordinátákat, a tengerszint felletti magasságot (ezek numerikus változó volt) és a vizsgálat évét, valamint a régió besorolást is figyelembe vettem (ezek kategorikus változó volt).

A gyomfelvételezések időpontját - ami őszi búza esetében március 19. és május 8. között történt, kukoricában május 8. és július 10. között - a herbicides kezelés tervezett időzítéséhez igazítottam. Az adatgyűjtést minden esetben a herbicidek kijuttatását megelőző 1–8. napon végeztem, annak érdekében, hogy a gyomosodás lehető legteljesebb állapota legyen dokumentálható. A felvételezett területeken még azelőtt végeztem a gyomfelvételezéseket, hogy a táblán mechanikai gyomirtás történt volna. E kapcsolat alapján a „felvételezés időpontját” a gazdálkodási változók közé soroltam. Fontos azonban megjegyezni, hogy az előző években rendszeresen alkalmazott herbicidek hatása szintén befolyásolhatta a rögzített gyomflórát. Utóbbi azonban nem képezte részét a vizsgálatomnak.

Rögzítettem a táblaméretet is, mivel feltételeztem, hogy a szegély–terület arány változása hatással lehet a gyomnövényzetre és a gyomszabályozási lehetőségekre.

A vizsgált táblákon a vizsgálatot megelőző három év előveteményeit vagy vegetációját is nyomon követtem. Az elemzésekben az előveteményeknek a megelőző évek sorszáma alapján súlyozott arányát vettem figyelembe, melyet a következő képlettel számítottam ki: $(\text{elővetemény } 1 \times 0,6) + (\text{elővetemény } 2 \times 0,3) + (\text{elővetemény } 3 \times 0,1)$. Ez alapján, ha egy adott előveteménytípus egy táblában egyik évben sem fordult elő, akkor az adott tábla és előveteménytípus vonatkozásában „0” érték szerepelt, míg ha mindhárom megelőző évben azonos elővetemény szerepelt, akkor „1” értéke szerepelt.

Kukorica esetében az elővetemény típusát három kategóriába soroltam: (1) „kukorica”, (2) „egyéb kapás növények” – beleértve a napraforgót, a paradicsomot, az olajtököt és a görögdinnyét –, valamint (3) „sűrűvetésű növények”, mint például az őszi búza, az őszi árpa, a kanáriköles, az őszi borsó és az őszi káposztarepce.

A búza esetében az előveteményeket négy csoportba soroltam: (1) „bolygatás nélküli” (pl. lucerna, ugar), (2) „tavaszi kapás növények” (pl. kukorica, napraforgó, olajtök, görögdinnye), (3) „gabonafélék” (pl. őszi búza, tönköly, tritikálé, fénymag), illetve (4) „egyéb sűrűvetésű kultúrák” (pl. tavaszi borsó, őszi borsó, őszi káposztarepce).

Rögzítettem továbbá a vizsgálati évet megelőző talajművelés típusát és mélységét is. A vizsgált kukoricatáblákon a művelési gyakorlatot három csoportra osztottam: (1) sekély művelés, amelyet tárcsás boronával vagy kultivátorral 15–20 cm mélységben végeztek; (2) hagyományos szántás, 20–35 cm mélységig; valamint (3) mélylazítás, 30–40 cm mélységben. A vizsgált búzatáblákon négyféle művelési módot különítettem el: „tárcsázás” (12–16 cm), „sekély kultivátoros művelés” (10–25 cm), „szántás” (20–30 cm), valamint „mélylazítás” (30–40 cm). A statisztikai elemzésekben a művelés típusát kategóriaváltozóként, míg a művelési mélységet folytonos változóként kezeltem.

Emellett az értékelés magában foglalta a tenyésztődőszak során a felvételezések előtt kijuttatott műtrágyák nitrogén (N), foszfor (P) és kálium (K) hatóanyagban kifejezett mennyiségét (h.a. kg/ha) is.

6. táblázat: A magyarázó változók (talaj-, környezeti és gazdálkodási) tartománya és mértékegységei kukorica vizsgálatokban

Magyarázó változók	Tartomány / érték
Talajparaméterek	
Talajkötöttség (K_{Arany})	27–59
Talaj pH (KCl)	3.89–7.41
Talaj fizikai és kémiai tulajdonságai (m/m %)	
Sótartalom (m/m %)	0.01–1.13
Humusztartalom (m/m %)	0.58–4.00
N (mg/kg)	2.0–48.8
P ₂ O ₅ (mg/kg)	31–380
K ₂ O (mg/kg)	89–501
CaCO ₃ (m/m %)	0.01–5.30
Na (mg/kg)	0.0–94.4
Mg (mg/kg)	36–674
S (mg/kg)	0.5–25.4
Cu (mg/kg)	0.86–8.9
Mn (mg/kg)	21–467
Zn (mg/kg)	0.25–9.1
Magasság (m, AMSL)	79–167
Szélesség (°)	46.784400–48.160491
Hosszúság (°)	20.823639–21.762198
Regió ^A	Regió 1, Regió 2, Regió 3
Évjárat	2018–2021
Gazdálkodási változók	
Gyomfelvételezés ideje (naptári nap száma)	78–128
Táblaméret (ha)	1.0–38.2
Elővetemény ^B	Kukorica, egyéb széles sortávú növény ^C , sűrű térállású növény ^D
Kukorica	0–0,9
Egyéb széles sortávú növény C	0–0,9
Sűrű térállású növény D	0–1,0
Talajművelés módja	Sekély művelés, szántás, mélylazítás
Talajművelés mélysége (cm)	15–40
N műtrágya mennyisége (h.a. kg/ha)	0–163
P műtrágya mennyisége (h.a. kg/ha)	0–104
K műtrágya mennyisége (h.a. kg/ha)	0–60

^A A régiók részletes leírása a szövegben található; ^B A számítás alapja a 3 megelőző kultúra: (elővetemény 1 × 0.6) + (elővetemény 2 × 0.3) + (elővetemény 3 × 0.1); ^C Napraforgó, Paradicsom, Olajtök, Görögdinnye; ^D Őszi búza, Őszi árpa, Őszi borsó, Őszi káposztarepce, Fénymag

7. táblázat: A magyarázó változók (talaj-, környezeti és gazdálkodási) tartománya és mértékegységei őszi búza vizsgálatokban

Magyarázó változók	Tartomány / érték
Talajparaméterek	
Talajkötöttség (K_{Arany})	25–67
Talaj pH (KCl)	3.65–7.20
Talaj fizikai és kémiai tulajdonságai (m/m %)	
Sótartalom (m/m %)	0.01–1.13
Humusztartalom (m/m %)	0.70–3.90
N (mg/kg)	1.0–213
P ₂ O ₅ (mg/kg)	31–931
K ₂ O (mg/kg)	59–604
CaCO ₃ (m/m %)	0.04–2.74
Na (mg/kg)	2.5–157
Mg (mg/kg)	27–1192
S (mg/kg)	0.5–67.3
Cu (mg/kg)	0.5–12.5
Mn (mg/kg)	9–525
Zn (mg/kg)	0.4–9.1
Környezeti tényezők	
Magasság (m, AMSL)	78–180
Szélesség (°)	46.858889–48.263222
Hosszúság (°)	20.835611–22.212083
Regió ^A	Regió 1, Regió 2A, Regió 2B, Regió 3
Évjárat	2018–2021
Gazdálkodási tényezők	
Gyomfelvételezés ideje (naptári nap száma)	78–128
Táblaméret (ha)	1.5–77
Elővetemény ^B	
Bolygatás nélküli ^C	0–1.0
Tavaszi kapáskultúra ^D	0–1.0
Kalászos ^E	0–0.6
Egyéb sűrű térállású kultúra ^F	0–0.6
Talajművelés módja	Tárcsázás, sekély kultivátorozás, szántás, mélylazítás
Talajművelés mélysége (cm)	10–40
N műtrágya mennyisége (h.a. kg/ha)	36–168
P műtrágya mennyisége (h.a. kg/ha)	43–96
K műtrágya mennyisége (h.a. kg/ha)	48–110

^A A régiók részletes leírása a szövegben található ^B A számítás alapja a 3 megelőző kultúra: (elővetemény 1 × 0.6) + (elővetemény 2 × 0.3) + (elővetemény 3 × 0.1); ^C Lucerna, Ugar; ^D Kukorica, Napraforgó, Olajtök, Görögdinnye ^E Őszi búza, Tönkölybúza, Triticale, Fénymag; ^F Tavaszi borsó, Őszi borsó, Őszi káposztarepce.

4.3.2. Adatelőkészítés és matematikai-statisztikai értékelés módszereinek bemutatása

Az eredmények tartalmi és statisztikai értékelése során a kukorica és őszi búza kultúrákban gyűjtött gyomborítottsági adatokat kultúránként külön értékeltem.

A statisztikai elemzések megkezdése előtt minden vizsgált tábla esetében a nyolc kvadrát gyomborítottsági adatait átlagoltam annak érdekében, hogy tábla szintű átlagos gyomösszetételt kapjak.

A gyomfajok jelentőségének általános értékeléséhez minden fajra vonatkozóan kiszámítottam a transzformálatlan átlagos borítottsági értéket, valamint a faj állandóságát, azaz előfordulási gyakoriságát a táblák arányában.

A tábla szintű átlagértékeket ezt követően Hellinger-transzformációnak vettem alá (BORCARD et al. 2011) amely az ezt követő többváltozós elemzések alapjául szolgált.

A magyarázó változók közötti kapcsolatok feltárása céljából általánosított variancia inflációs tényezőket (GVIF), valamint az ezekből származtatott variancia inflációs tényezőket ($VIF = GVIF^{(1/(2 \text{ df}))}$) számítottam. Az eredmények erős korrelációt jeleztek a földrajzi változók (tengerszint feletti magasság, szélesség, hosszúság) és a régiós besorolások, valamint a talajművelési mód és a művelési mélység között. Ezek ellenére minden változót megtartottam a statisztikai modellekben annak érdekében, hogy megállapítsam, az összefüggő változópárok közül melyik gyakorol nagyobb hatást. Mérsékelt korrelációt mutattak továbbá a régiós besorolások és a talajtulajdonságok is – ez érthető, tekintettel arra, hogy a régiók részben edafikus (talajtani) jellemzők alapján kerültek meghatározásra. Ugyanakkor a földrajzi változók és a régiós besorolás kivételével az összes vizsgált VIF érték 5 alatt maradt (FOX et al. 2016), ami elfogadható mértékű multikollinearitást jelez.

A fajdiverzitás számszerűsítéséhez minden táblára kiszámítottam a Shannon-diverzitási indexet (H'), a nem transzformált borítottsági értékek alapján. Az index számításához a következő képletet használtam:

$$H' = - \sum_{i=1}^R p_i \ln p_i$$

ahol R az adott tábla teljes fajszámát, p_i pedig az i -edik faj teljes borításban való arányát jelöli (SHANNON 1948).

Az elemzés első lépéseként kovariancia-analízist (ANCOVA) végeztem annak megállapítására, hogy a környezeti és gazdálkodási tényezők közül melyek gyakorolnak szignifikáns hatást – a külön-külön elvégzett ANCOVA során – a teljes gyomborítottságra, a fajgazdagságra, valamint a Shannon-diverzitási indexre (CHAMBERS et al. 1992).

Amikor az ANCOVA eredményei szignifikáns hatást jeleztek folytonos változók esetében, Pearson-féle korrelációs együtthatókat számítottam a kapcsolat erősségének és irányának meghatározására (SOPER et al. 1917). A korrelációk erősségét a korrelációs együtthatók abszolút értéke alapján a következőképp értelmeztem: 0–0,19: nagyon gyenge, 0,20–0,39: gyenge, 0,40–0,59: közepes, 0,60–0,79: erős, 0,80–1,00: nagyon erős korreláció.

Az ANCOVA-ban szignifikánsnak bizonyuló kategóriaváltozók esetében a faktor-szintek páronkénti összehasonlítását Tukey-féle post hoc teszttel végeztem el, a statisztikailag igazolható különbségek azonosítása érdekében (KESELMAN - ROGAN 1977).

A következő elemzési lépés során redundanciaanalízist (RDA) alkalmaztam annak vizsgálatára, hogy a talajtani, környezeti és gazdálkodási tényezők együttesen hogyan befolyásolják a gyomfaj-összetételt (MUELLER-DOMBOIS - ELLENBERG 1976). A modell finomítása érdekében backward szelekciót alkalmaztam (SUTTER – KALIVAS 1993), melynek eredményeként kukoricánál tíz, őszi búza esetében kilenc magyarázó változóból álló egyszerűsített modell született. Az RDA célja az egyes szignifikáns leíró változók gyomnövényzet összetételében (gyomnövényfajok előfordulási varianciája) kifejtett teljes (bruttó) és saját (nettó) hozzájárulásának számszerűsítése is volt. Az egyes változók jelentőségének egységes rangsorolását a részleges RDA-modellek alapján számított korrigált R^2 értékek szolgáltatták, amelyek az egyes változók önálló hatásait mutatták.

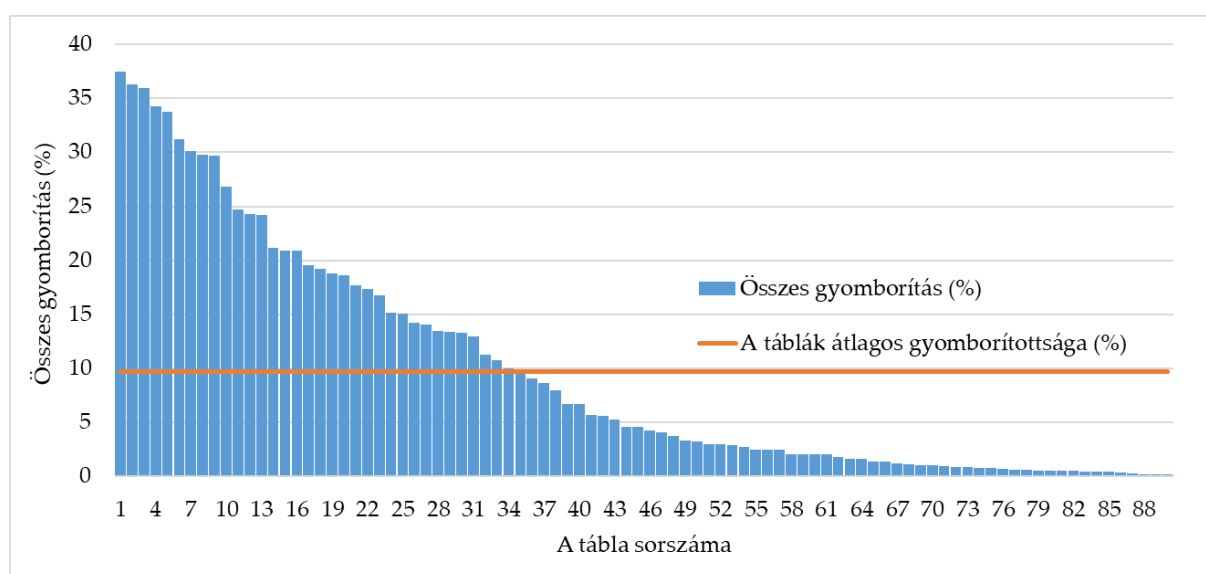
A fő magyarázó változók és a gyomfajok közötti kapcsolatok részletesebb feltárása érdekében meghatároztam azt a tíz gyomfajt, amelyek a legnagyobb változatosságot mutatták az RDA során kialakított tengelyek mentén – mind a teljes, mind az egyes részleges RDA-modellek esetében, kizárva azokat a fajokat, amelyek az adott kultúrnövényen esetében kevesebb mint három táblában fordultak elő.

Mindkét kultúra esetében minden statisztikai számítást 95%-os konfidenciaszint mellett végeztem az R statisztikai környezetben (R Development Core Team, verzió 4.5.0), az alábbi R csomagokat használva: car (v3.1–3), lattice (v0.22–7), MASS (v7.3–65), permute (v0.9–7), és vegan (v2.6–10).

5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

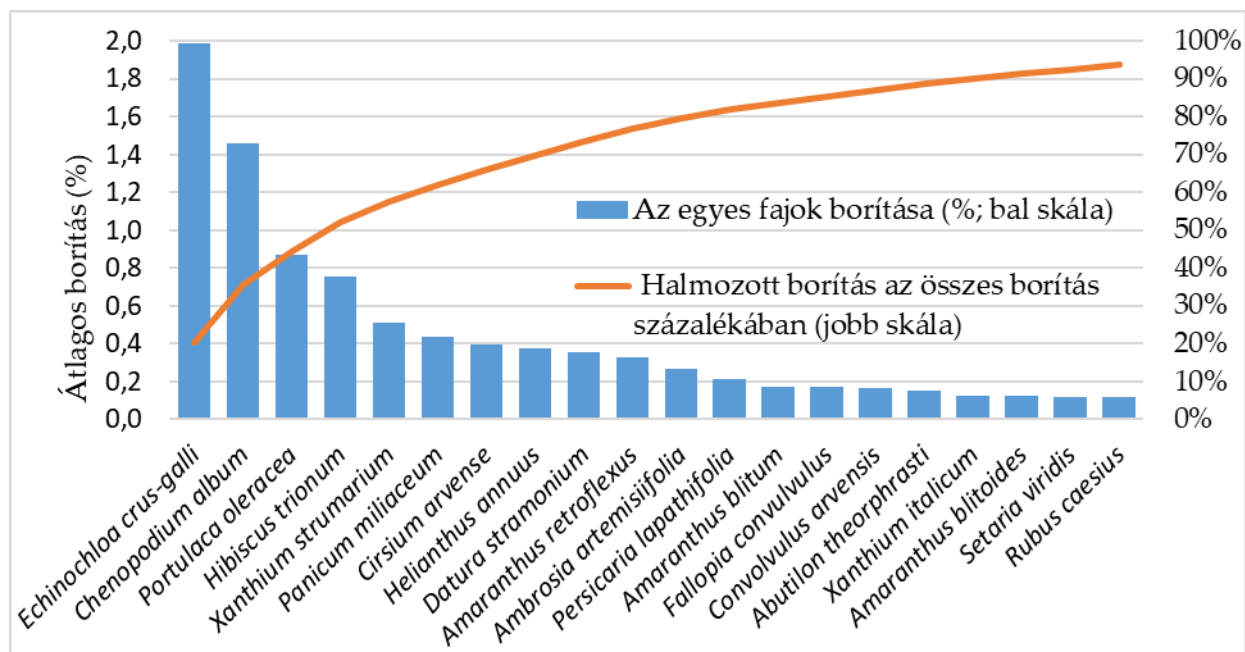
5.1. Kukorica kultúrában végzett gyomnövényzet elemzés eredményei

A vizsgált kukoricatáblákban az átlagos gyomborítottság 9,7% volt; ugyanakkor az egyes táblák gyomosodásának mértéke jelentős változatosságot mutatott. A legalacsonyabb rögzített gyomborítottság 0,1% volt, míg a legmagasabb érték elérte a 37,5%-ot. A felmért táblák 48%-ában a gyomborítottság meghaladta az 5%-ot, 38%-ában a 10%-ot, 18%-ában a 20%-ot, és 8%-ában a 30%-ot (6. ábra).



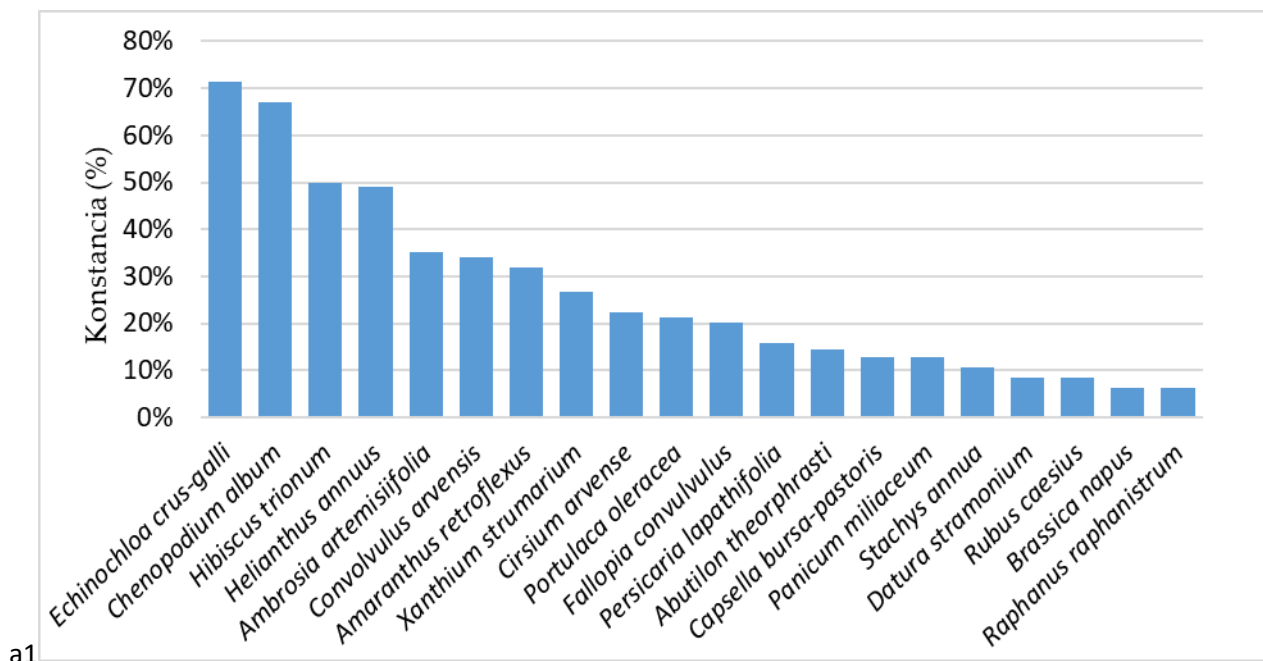
6. ábra: Az átlagos gyomborítás a vizsgált kukoricatáblákon

A 2018 és 2021 között vizsgált kukoricatáblákban összesen 51 gyomfajt azonosítottam. Átlagosan a legmagasabb borítottsági értéket az *Echinochloa crus-galli* (2,0%), a *Chenopodium album* (1,4%), a *Portulaca oleracea* (0,9%) és a *Hibiscus trionum* (0,8%) mutatta. Együttesen ez a négy faj a teljes gyomborítottság több mint felét (52%) tette ki. Összességében a 20 legdominánsabb faj a teljes gyomborítottság 95%-áért volt felelős (7. ábra).



7. ábra: A vizsgált kukoricatáblákban előforduló leggyakoribb gyomfajok átlagos borítottsági százaléka

A legtöbb esetben szoros összefüggést találtam a gyomborítottság és az előfordulási gyakoriság között. Ezt a kapcsolatot jól példázza az *Echinochloa crus-galli* és a *Chenopodium album* dominanciája, amelyeket a *Hibiscus trionum*, valamint az árvakelésű *Helianthus annuus* követett. Ugyanakkor bizonyos fajok, mint például a *Convolvulus arvensis*, magas állandósági értéket mutattak alacsony borítottság mellett, míg a *Portulaca oleracea* – amely a harmadik legmagasabb borítottságot érte el – mindössze a felmért táblák 21%-ában fordult elő (7. ábra). Voltak olyan fajok – például a *Helianthus annuus* – amelyek mérsékelt borítottság mellett is magas előfordulási arányt mutattak, míg más fajok – például a *Portulaca oleracea* – jelentős borítottságot értek el, de ritkábban fordultak elő (8. ábra).



8. ábra: A vizsgált kukoricatáblákban leggyakrabban előforduló gyomfajok

A C4 fotoszintézist alkalmazó gyomfajok – mint az *Amaranthus retroflexus*, az *Echinochloa crus-galli*, a *Chenopodium album* (C3–C4 átmeneti típus), valamint a *Portulaca oleracea* – különösen jelentősnek bizonyultak mind a borítottság, mind az állandóság tekintetében a vizsgált helyszíneken (9., 10. és 11. ábra).

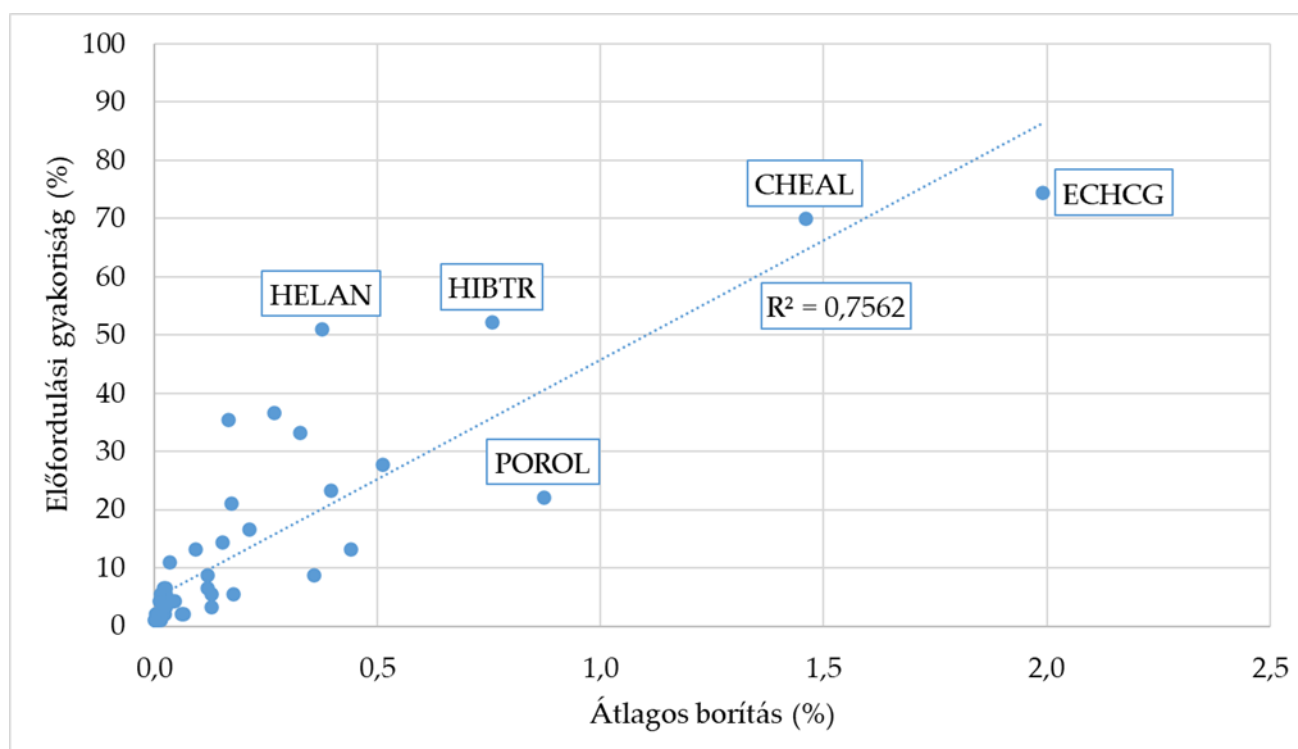


9. ábra: *Portulaca oleracea* Rakamazon, 2018-ban. (SAJÁT FOTÓ)



10. ábra: *Echinochloa crus-galli* kukoricába, Vállaj, 2020. (SAJÁT FOTÓ)

A felmért gyomfajok többsége kétszikű volt, míg egyszikű fajok csak kis számban, továbbá az *Equisetum arvense* is előfordult a kukoricatáblákban. Életforma szerinti besorolás alapján a fajok többsége nyári egyéves volt, azonban azonosítottam téli egyéveseket (például *Capsella bursa-pastoris*) és évelőket (például *Cirsium arvense*, *Convolvulus arvensis*) is. A függelékben található A3 táblázat összefoglalja valamennyi azonosított faj taxonómiai és életforma-besorolását, regionális előfordulását, borítottsági értékeit és állandósági adatait.



11. ábra: Az átlagos gyomborítottság és a fajok állandósága közötti összefüggés a vizsgált területeken.

(CHEAL – *Chenopodium album*; ECHCG – *Echinochloa crus-galli*; HELAN – *Helianthus annuus*; HIBTR – *Hibiscus trionum*; POROL – *Portulaca oleracea*).

5.2. A talajtani, környezeti és gazdálkodási tényezők hatása a teljes gyomborítottságra, a fajgazdagságra és a diverzitásra a felmért kukoricatáblákban

A statisztikai elemzés eredményei azt mutatták, hogy a talaj kötöttsége befolyásolta mind a Shannon-diverzitást, mind a gyomfajok számát. Az összefüggés erőssége közepes vagy gyenge volt, a magasabb Arany-féle kötöttségi szám magasabb gyomfajszámmal és nagyobb diverzitással járt együtt. Hasonló módon a talaj pH-értéke is hatással volt a Shannon-diverzitásra és a gyomfajok számára, a kevésbé savanyú kémhatású talajokon nagyobb fajgazdagságot és diverzitást figyeltem meg, azonban ez nem befolyásolta szignifikánsan a teljes gyomborítást. A talaj humusztartalma csak a gyomfajok számával mutatott gyenge pozitív korrelációt. A talajban kimutatott értéke alapján a makro-tápanyagok közül a foszfor és a kálium hatását egyik vizsgált paraméterre sem sikerült igazolni. A nitrogén negatív korrelációt mutatott a fajgazdagsággal és a Shannon-diverzitással.

A talaj mésztartalma nem korrelált sem a teljes gyomborítottsággal, sem a fajgazdagsággal, sem pedig a Shannon-diverzitással.

A talaj mezo- és mikrotápanyag-tartalma befolyásolta a gyomnövények fejlődését a kukoricatáblákban. A cink- és nátriumszintek pozitív korrelációban álltak a fajgazdagsággal. A magas magnéziumkoncentráció növelte a diverzitást, míg az emelkedett kén- és réztartalom pozitívan hatott a gyomfajok számára. A mangántartalom pozitív összefüggést mutatott a teljes gyomborítottsággal (8. táblázat).

8. táblázat: Az ANCOVA-elemzések és a Pearson-korrelációk eredményei a kukorica kísérletben (Magyarország, 2018–2021) a gyomvegetációt leíró és a talajtani változók között

Talajtani tényezők	Teljes gyomborítás [%]	Fajgazdagság [faj/tábla]	Shannon - diverzitás index
ANCOVA <i>p</i> -értékei (Pearson korrelációs koefficiens)			
Talaj kötöttsége	ns	<0.001 (+0.33)	<0.001 (+0.40)
Talaj pH	ns	0.006 (+0.29)	0.019 (+0.32)
Sótartalom	ns	ns	ns
Humusz	ns	0.019 (+0.25)	ns
N	ns	0.025 (−0.24)	0.045 (−0.21)
P ₂ O ₅	ns	ns	ns
K ₂ O	ns	ns	ns
CaCO ₃	ns	ns	ns
Na	ns	0.002 (+0.33)	ns
Mg	ns	ns	0.007 (+0.28)
S	ns	0.028 (+0.23)	ns
Cu	ns	0.007 (+0.28)	ns
Mn	0.016 (+0.25)	ns	ns
Zn	ns	<0.001 (+0.46)	ns

A vizsgálati helyszínek földrajzi elhelyezkedése szintén befolyásolta a gyompopulációkat. A nagyobb tengerszint feletti magasság magasabb gyomborítottsággal járt együtt. A szélesség semmivel sem korrelált, míg a hosszúság emellett közepes erősségű negatív korrelációt ($r = -0,40$) mutatott a gyomfajok számával. A Shannon-diverzitásra a régiók elhelyezkedése nem gyakorolt szignifikáns hatást, míg a teljes gyomborítottságra és a fajgazdagságra igen. Az 1. és 3. régió táblái hasonló gyomviszonyokat mutattak, míg a 2. régióban alacsonyabb volt a gyomborítottság és táblánként kevesebb gyomfajt regisztráltak.

Az időbeli tényezők vizsgálata során a gyomborítottságban csak a 2019-es és 2020-as évek között mutatkozott eltérés. A gyomfajok száma 2019-ben volt a legmagasabb az összes vizsgált év közül. A Shannon-diverzitás tekintetében azonban nem találtam szignifikáns különbséget az évek között.

Éven belül a későbbi gyomfelmérések magasabb teljes gyomborítottságot, de alacsonyabb Shannon-diverzitási értékeket mutattak. A tábla mérete nem befolyásolta szignifikánsan sem a gyomborítottságot, sem a fajgazdagságot, sem a diverzitást. A talajművelés hatással volt a fajszámra: a sekély művelés alacsonyabb fajgazdagságot és diverzitást eredményezett a mélylazításhoz és a szántáshoz képest. Ez az összefüggés a művelési mélység számszerűsített értékeivel is összhangban volt.

A műtrágyázás hatásainak elemzése azt mutatta, hogy a magasabb nitrogénadag növelte mind a fajgazdagságot, mind a diverzitást. A foszfortrágyázás pozitívan befolyásolta a teljes gyomborítottságot és a fajszámot, míg a káliumtrágyázás két vizsgált paraméterre – gyomborítottság, fajgazdagság – pozitív hatással volt (9. táblázat).

9. táblázat: Az ANCOVA-elemzések, Pearson-korrelációk (szignifikáns numerikus változók esetében) és Tukey-próba (szignifikáns kategóriás változók esetében) eredményei a kukorica kísérletben (Magyarország, 2018–2021) a környezeti és gazdálkodási változók által befolyásolt gyomvegetációt leíró változókra vonatkozóan

Környezeti és gazdálkodási változók	Teljes gyomborítás [%]	Fajgazdagság	Shannon-diverzitás index
ANCOVA <i>p</i> -értékei (Pearson féle korrelációs koefficiens)/ [átlag és Tukey post hoc szignifikancia csoport ^A]			
Tengerszint feletti magasság	0.010 (+0.27)	ns	ns
Földrajzi szélesség	ns	ns	ns
Földrajzi hosszúság	ns	<0.001 (−0.40)	ns
Regió	0.012	<0.001	ns
R1 – Regió 1	[R1 – 10.77 b	[R1 – 7.56 b	
R2 – Regió 2	R2 – 7.32 a	R2 – 5.15 a	
R3 – Regió 3	R3 – 8.96 b]	R3 – 7.26 b]	
Évjárat	0.028	<0.001	ns
	[2018 – 8.00 ab	[2018 – 6.86 a	
	2019 – 13.18 b	2019 – 8.51 b	
	2020 – 3.24 a	2020 – 5.40 a	
	2021 – 11.50 ab]	2021 – 5.49 a]	
Gyomfelvételezés dátuma	<0.001 (+0.35)	ns	0.003 (−0.31)
Táblaméret	ns	ns	ns
Elővetemény			
Kukorica	ns	ns	ns
Egyéb tavaszi vetésű elővetemény	ns	ns	ns
Sűrű térállású elővetemény	ns	ns	ns
Művelési mód		<0.001	<0.001
Sekély művelés (SM)	ns	[SM – 4.40 a	SM – 0.63 a
Szántás (SZ)		SZ – 7.72 b	SZ – 1.28 b
Mélylazítás (ML)		ML – 7.93 b]	ML – 1.35 b]
Művelési mélység	ns	0.020 (+0.25)	ns
Nitrogén műtrágya mennyisége	ns	0.003 (+0.31)	0.010 (+0.27)
Foszfor műtrágya mennyisége	0.048 (+0.21)	<0.001 (+0.43)	ns
Kálium műtrágya mennyisége	0.008 (+0.28)	<0.001 (+0.38)	ns

^ATukey-féle post hoc teszt szignifikanciaszintje: azonos betűvel jelölt esetek között nincs szignifikáns különbség 95%-os megbízhatósági szinten.

5.3. A környezeti és gazdálkodási változók hatása a gyomfaj-összetételre kukoricában

Az elvégzett redundanciaanalízis (RDA) 95%-os szignifikanciaszinten tíz vizsgált változó hatását mutatták ki a gyomfaj-összetételre, amelyek együttesen a teljes variancia 25%-át magyarázták. Az összes tényező közül a régió önmagában magyarázta a legnagyobb varianciarányt (5,13%), ezt követte a tenyészidőszak/évjárat (3,79%), a talajművelés módja (3,2%) és a kijuttatott nitrogén műtrágya mennyisége (2,71%). A talajhoz kapcsolódó tényezők – különösen a humusztartalom, valamint a cinktartalom – együtt a teljes variancia 3,77%-át tették ki. A gyomfelvételezés időpontjának (1,49%), a táblaméretnek (1,42) és önmagában a foszfor műtrágyázásnak (1,34) a hatása viszonylag csekély volt. Figyelemre méltó, hogy a gazdálkodók által közvetlenül befolyásolható változók együttes magyarázóereje (12,41%) szinte megegyezett a környezeti tényezők magyarázóerejével (12,69%) (10. táblázat).

10. táblázat: A redundanciaanalízis (RDA) eredményei, amelyek a legfontosabb környezeti tényezők gyomfaj-összetételre gyakorolt hatását mutatják a 2018 és 2021 között Magyarországon végzett kukoricatermesztési vizsgálatban.

Jelentős magyarázó változók	Df	Teljes hatás		Tiszta hatás			
		Magyarázott variancia (%)	R ² _{adj}	Magyarázott variancia (%)	R ² _{adj}	F	p-Érték
Talaj humusztartalma	1	4.40	0.033	2.00	0.014	2.488	0.002
Talaj Zn tartalma	1	4.15	0.031	1.77	0.014	2.196	0.002
Regió	2	10.00	0.079	5.13	0.041	3.181	<0.001
Évjárat	3	9.17	0.060	3.79	0.016	1.568	0.016
A gyomfelvételezés időpontja	1	4.15	0.031	1.49	0.008	1.851	0.025
Táblaméret	1	2.92	0.018	1.42	0.007	1.765	0.036
Egyéb széles sortávú elővetemény	1	1.88	0.008	2.25	0.017	2.774	0.001
Talajművelés módja	2	11.40	0.094	3.20	0.018	1.973	0.002
N műtrágya mennyisége	1	6.38	0.053	2.71	0.023	3.356	0.001
P műtrágya mennyisége	1	5.37	0.043	1.34	0.006	1.666	0.038
Összesen	-	-	-	25.10	-	-	-

A leíró változók és a megjelenő fajok egymásra hatásának elemzése során megállapítottam, miszerint ahogy a vizsgált kukoricatáblákban nőtt a humusztartalom, úgy növekedett a fehér libatop (*Chenopodium album*), a szőrös disznóparéj (*Amaranthus retroflexus*) és a madárkeserűfű (*Polygonum aviculare*) borítása is. Ezzel szemben a többi disznóparéj faj (*Amaranthus blitum* és

Amaranthus blitoides), valamint a parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia*) jelenléte csökkent a magasabb humusztartalommal.

A mikroelemek közül a megemelkedett cinktartalom különösen kedvező hatással volt a *Chenopodium album*-ra, és elősegítette a *Convolvulus arvensis* és az *Aristolochia clematitis* növekedését is. Ugyanakkor a magas cinkkoncentráció kedvezőtlenebb feltételeket teremtett a *Datura stramonium*, a *Panicum miliaceum* és a *Helianthus annuus* számára.

A műtrágya-használat szintén jelentős hatást gyakorolt a gyomösszetételre. A *Convolvulus arvensis*, a *Xanthium italicum* és a *Persicaria lapathifolia* gyakrabban fordult elő nitrogéntrágyázás mellett, míg az *Amaranthus retroflexus*, a *Lathyrus tuberosus* és az *Echinochloa crus-galli* borítása ugyanilyen körülmények között csökkent. A magasabb foszforszint kedvezett a *Hibiscus trionum*, a *Capsella bursa-pastoris* és az *Equisetum arvense* előfordulásának, ugyanakkor negatívan hatott az *Amaranthus blitoides*, a *Xanthium strumarium* és az *Ambrosia artemisiifolia* jelenlétére (11. táblázat).

11. táblázat. A részleges redundanciaanalízisben (pRDA) az elsődleges tengellyel legszorosabban korreláló taxonok ordinációja és modellilleszkedési statisztikái, a talajra és tápanyagokra korrigált változókra fókuszálva a vizsgált kukoricatáblákban (2018–2021).

Fajnév	Koord.	Illeszkedés az 1. tengelyen	Fajnév	Koord.	Illesz. az 1. tengelyen
Talaj humusztartalom (+ magas; – alacsony)			A nitrogén műtrágya mennyisége (+ magas; – alacsony)		
<i>Chenopodium album</i>	0.305	0.125	<i>Convolvulus arvensis</i>	0.144	0.082
<i>Amaranthus retroflexus</i>	0.083	0.019	<i>Xanthium italicum</i>	0.092	0.088
<i>Polygonum aviculare</i>	0.035	0.054	<i>Persicaria lapathifolia</i>	0.082	0.036
<i>Pisum sativum</i>	0.021	0.039	<i>Fallopia convolvulus</i>	0.060	0.018
<i>Tripleurospermum inodorum</i>	–0.024	0.033	<i>Stachys annua</i>	0.040	0.021
<i>Chenopodium hybridum</i>	–0.028	0.029	<i>Aristolochia clematitis</i>	0.029	0.020
<i>Triticum aestivum</i>	–0.028	0.077	<i>Datura stramonium</i>	–0.061	0.019
<i>Amaranthus blitum</i>	–0.045	0.018	<i>Amaranthus retroflexus</i>	–0.064	0.011
<i>Amaranthus blitoides</i>	–0.081	0.063	<i>Lathyrus tuberosus</i>	–0.114	0.115
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	–0.091	0.024	<i>Echinochloa crus-galli</i>	–0.140	0.026
Talaj Zn tartalma (+ magas; – alacsony)			A foszfor műtrágya mennyisége (+ magas; – alacsony)		
<i>Chenopodium album</i>	0.128	0.022	<i>Hibiscus trionum</i>	0.179	0.045
<i>Convolvulus arvensis</i>	0.072	0.020	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	0.123	0.207
<i>Aristolochia clematitis</i>	0.041	0.041	<i>Equisetum arvense</i>	0.075	0.056
<i>Polygonum aviculare</i>	0.031	0.042	<i>Convolvulus arvensis</i>	0.068	0.018
<i>Brassica napus</i>	–0.066	0.040	<i>Stachys annua</i>	0.037	0.018
<i>Abutilon theophrasti</i>	–0.086	0.061	<i>Triticum aestivum</i>	–0.015	0.022
<i>Stachys annua</i>	–0.087	0.102	<i>Tripleurospermum inodorum</i>	–0.024	0.033
<i>Datura stramonium</i>	–0.107	0.059	<i>Amaranthus blitoides</i>	–0.044	0.019
<i>Panicum miliaceum</i>	–0.120	0.031	<i>Xanthium strumarium</i>	–0.081	0.016
<i>Helianthus annuus</i>	–0.266	0.119	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	–0.139	0.055

A vizsgálati évek során jelentős eltérések mutatkoznak a gyomösszetételben. 2018-ban a leggyakoribb gyomfajok a *Hibiscus trionum*, a *Persicaria lapathifolia* és az *Amaranthus blitum* voltak. 2019-ben a *Fallopia convolvulus* bizonyult dominánssnak, de a *Rubus caesius* és az *Equisetum arvense* is gyakran előfordult. 2020-ban a *Portulaca oleracea*, a *Hibiscus trionum* és a *Setaria viridis* volt a leggyakoribb, míg az *Ambrosia artemisiifolia* és a *Chenopodium album* a legritkább fajok közé tartoztak. A következő évben (2021) a *Panicum miliaceum* és az *Ambrosia artemisiifolia* voltak a legdominánsabbak, ezeket követte az *Echinochloa crus-galli*. A gyomflóra összetétele a vizsgált régiók között is eltéréseket mutatott. Az 1. régióban a meghatározó fajok az *Echinochloa crus-galli*, a *Fallopia convolvulus* és a *Rubus caesius* voltak. A 2. régióban a legjelentősebb fajok a *Portulaca oleracea*, az *Ambrosia artemisiifolia* és az *Amaranthus blitum* voltak. A 3. régióban a legjellemzőbb gyomok a *Cirsium arvense*, a *Datura stramonium* és a *Lathyrus tuberosus* voltak (12. táblázat).

12. táblázat: A részleges redundanciaanalízisben (pRDA) az elsődleges tengellyel legszorosabban korreláló taxonok ordinációja és modellilleszkedési statisztikái, a régióra és az évjáratra korrigált változókra fókuszálva a vizsgált kukoricatáblákban (2018–2021).

Fajnév	Fit	Ax 1 Score	Fajnév	Fit	Ax 1 Score
2018 (+ magas; – alacsony)			Regió 1 (+ magas; – alacsony) baz		
<i>Hibiscus trionum</i>	0.311	0.135	<i>Echinochloa crus-galli</i>	0.338	0.150
<i>Persicaria lapathifolia</i>	0.132	0.093	<i>Fallopia convolvulus</i>	0.240	0.290
<i>Amaranthus blitum</i>	0.122	0.130	<i>Rubus caesius</i>	0.122	0.109
<i>Chenopodium polyspermum</i>	0.097	0.070	<i>Abutilon theophrasti</i>	0.103	0.088
<i>Raphanus raphanistrum</i>	0.046	0.051	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	0.076	0.080
<i>Pisum sativum</i>	0.028	0.072	<i>Aristolochia clematidis</i>	0.061	0.089
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	–0.061	0.052	<i>Tripleurospermum inodorum</i>	0.038	0.081
<i>Abutilon theophrasti</i>	–0.091	0.068	<i>Triticum aestivum</i>	0.033	0.104
<i>Fallopia convolvulus</i>	–0.135	0.092	<i>Portulaca oleracea</i>	–0.237	0.078
<i>Panicum miliaceum</i>	–0.162	0.057	<i>Hibiscus trionum</i>	–0.267	0.100
2019 (+ magas; – alacsony)			Regió 2 (+ magas; – alacsony) h-ny		
<i>Fallopia convolvulus</i>	0.135	0.091	<i>Portulaca oleracea</i>	0.373	0.192
<i>Rubus caesius</i>	0.099	0.071	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	0.157	0.071
<i>Equisetum arvense</i>	0.090	0.081	<i>Amaranthus blitum</i>	0.092	0.073
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	0.084	0.096	<i>Stachys annua</i>	–0.064	0.056
<i>Xanthium italicum</i>	0.082	0.071	<i>Datura stramonium</i>	–0.103	0.055
<i>Stachys annua</i>	0.062	0.051	<i>Fallopia convolvulus</i>	–0.142	0.101
<i>Polygonum aviculare</i>	0.046	0.091	<i>Convolvulus arvensis</i>	–0.147	0.086
<i>Tripleurospermum inodorum</i>	0.038	0.081	<i>Helianthus annuus</i>	–0.204	0.070
<i>Triticum aestivum</i>	0.023	0.051	<i>Echinochloa crus-galli</i>	–0.243	0.077
<i>Hibiscus trionum</i>	–0.191	0.051	<i>Cirsium arvense</i>	–0.284	0.202
2020 (+ magas; – alacsony)			Regió 3 (+ magas; – alacsony) bek		
<i>Portulaca oleracea</i>	0.277	0.106	<i>Cirsium arvense</i>	0.226	0.128
<i>Hibiscus trionum</i>	0.141	0.028	<i>Datura stramonium</i>	0.188	0.183
<i>Setaria viridis</i>	0.110	0.153	<i>Lathyrus tuberosus</i>	0.138	0.169
<i>Fallopia convolvulus</i>	0.070	0.025	<i>Convolvulus arvensis</i>	0.129	0.066
<i>Lathyrus tuberosus</i>	0.060	0.032	<i>Chenopodium polyspermum</i>	0.111	0.092
<i>Aristolochia clematidis</i>	0.026	0.016	<i>Stachys annua</i>	0.092	0.113
<i>Convolvulus arvensis</i>	–0.079	0.025	<i>Raphanus raphanistrum</i>	0.055	0.074
<i>Panicum miliaceum</i>	–0.099	0.021	<i>Iva xanthiifolia</i>	0.035	0.097
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	–0.136	0.053	<i>Persicaria lapathifolia</i>	–0.106	0.060
<i>Chenopodium album</i>	–0.146	0.029	<i>Portulaca oleracea</i>	–0.175	0.043
2021 (+ magas; – alacsony)					
<i>Panicum miliaceum</i>	0.244	0.128			
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	0.228	0.148			
<i>Echinochloa crus-galli</i>	0.139	0.025			
<i>Amaranthus retroflexus</i>	0.117	0.037			
<i>Abutilon theophrasti</i>	0.091	0.069			
<i>Convolvulus arvensis</i>	–0.075	0.022			
<i>Persicaria lapathifolia</i>	–0.103	0.056			
<i>Cirsium arvense</i>	–0.110	0.030			
<i>Portulaca oleracea</i>	–0.174	0.042			
<i>Hibiscus trionum</i>	–0.247	0.085			

A gyomfelvételezések időpontja szintén befolyásolta a fajok előfordulását. A *Helianthus annuus*, a *Chenopodium album* és a *Persicaria lapathifolia* a későbbi mintavételek során volt gyakoribb, míg a *Datura stramonium* és a *Portulaca oleracea* inkább a korábbi felvételezésekben fordult elő nagyobb arányban.

A tábla mérete jelentősen hatott a gyomflóra alakulására. A nagyobb táblákban a *Helianthus annuus* és az *Amaranthus blitoides* voltak gyakoribbak, míg a kisebb táblákat a *Cirsium arvense*, a *Fallopia convolvulus* és a *Rubus caesius* uralták.

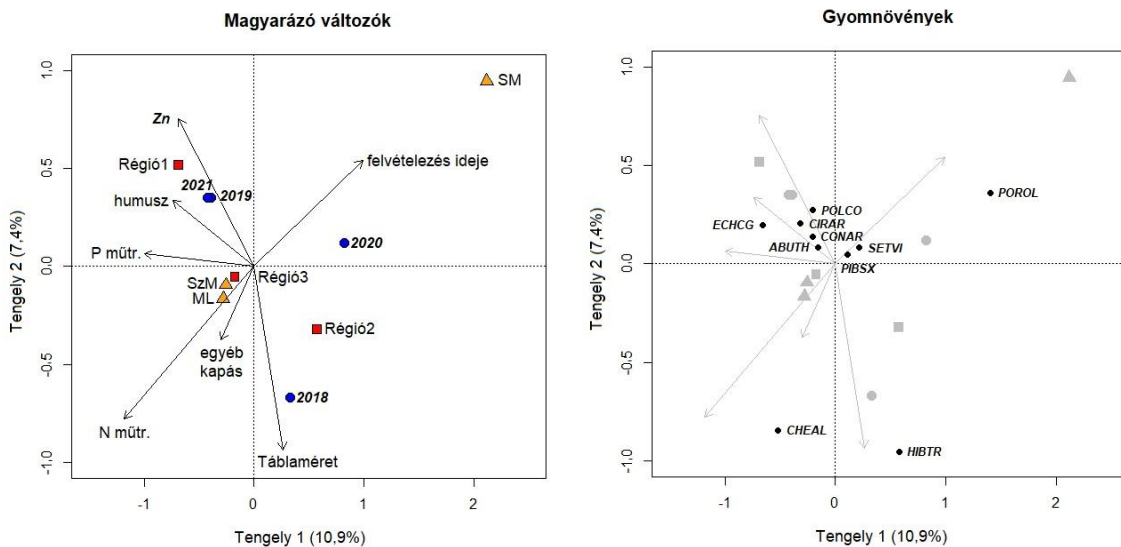
Amennyiben az elővetemény valamilyen széles sortávú kultúrnövény volt, akkor az pozitívan hatott a *Panicum miliaceum*, *Abutilon theophrasti*, és *Xanthium italicum* jelenlétére és felszaporodására, ellenben nem kedvezett a *Portulaca oleracea* vagy a *Convolvulus arvensis* megjelenésének.

A talajművelési mód is befolyásolta a gyomok előfordulását. A mélylazítás növelte a *Xanthium strumarium*, a *Lathyrus tuberosus* és a *Cirsium arvense* előfordulását, miközben csökkentette a *Persicaria lapathifolia* és a *Portulaca oleracea* jelenlétét. A szántás kedvezett az *Echinochloa crus-galli*, a *Persicaria lapathifolia* és az *Abutilon theophrasti* megjelenésének, ugyanakkor visszaszorította a *Xanthium strumarium* és a *Portulaca oleracea* előfordulását. Sekélyművelés esetén a *Portulaca oleracea* és a *Setaria viridis* voltak a domináns fajok, míg az *Ambrosia artemisiifolia*, az *Echinochloa crus-galli* és a *Chenopodium* fajok ritkábban fordultak elő (13. táblázat).

13. táblázat – A részleges redundanciaanalízisben (pRDA) az elsődleges tengellyel legszorosabban korreláló taxonok ordinációja és modellilleszkedési statisztikái, a gazdálkodási változókra fókuszálva a vizsgált kukoricatáblákban (2018–2021).)

Fajnév	Koordináta	III. az 1. tengelyre	Fajnév	Koordináta	III. az 1. tengelyre
A gyomfelvételezés időpontja (+ késői; – korai)			Táblaméret (+ magas; – alacsony)		
<i>Helianthus annuus</i>	0.179	0.054	<i>Helianthus annuus</i>	0.193	0.063
<i>Chenopodium album</i>	0.131	0.023	<i>Amaranthus blitoides</i>	0.090	0.079
<i>Persicaria lapathifolia</i>	0.088	0.042	<i>Chenopodium hybridum</i>	0.036	0.046
<i>Convolvulus arvensis</i>	0.062	0.015	<i>Tripleurospermum inodorum</i>	0.035	0.068
<i>Setaria viridis</i>	0.052	0.034	<i>Triticum aestivum</i>	0.029	0.081
<i>Polygonum aviculare</i>	0.022	0.021	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	–0.051	0.036
<i>Lathyrus tuberosus</i>	–0.039	0.014	<i>Amaranthus blitum</i>	–0.060	0.031
<i>Pisum sativum</i>	–0.039	0.138	<i>Rubus caesius</i>	–0.061	0.027
<i>Datura stramonium</i>	–0.069	0.024	<i>Fallopia convolvulus</i>	–0.066	0.022
<i>Portulaca oleracea</i>	–0.145	0.029	<i>Cirsium arvense</i>	–0.088	0.020
Széles sortávú elővetemény (+ magas; – alacsony)			Sekély művelés (+ magas; – alacsony)		
<i>Panicum miliaceum</i>	0.169	0.061	<i>Portulaca oleracea</i>	0.691	0.661
<i>Abutilon theophrasti</i>	0.123	0.126	<i>Setaria viridis</i>	0.130	0.212
<i>Xanthium italicum</i>	0.088	0.081	<i>Pisum sativum</i>	0.054	0.261
<i>Xanthium strumarium</i>	0.069	0.012	<i>Abutilon theophrasti</i>	–0.048	0.019
<i>Lathyrus tuberosus</i>	0.052	0.024	<i>Persicaria lapathifolia</i>	–0.064	0.022
<i>Aristolochia clematitis</i>	0.022	0.012	<i>Convolvulus arvensis</i>	–0.092	0.034
<i>Raphanus raphanistrum</i>	–0.023	0.013	<i>Cirsium arvense</i>	–0.112	0.032
<i>Amaranthus blitum</i>	–0.037	0.012	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	–0.117	0.039
<i>Convolvulus arvensis</i>	–0.107	0.045	<i>Echinochloa crus-galli</i>	–0.227	0.068
<i>Portulaca oleracea</i>	–0.125	0.022	<i>Chenopodium album</i>	–0.320	0.138
Lazítás (+ magas; – alacsony)			Szántás (+ magas; – alacsony)		
<i>Xanthium strumarium</i>	0.223	0.122	<i>Echinochloa crus-galli</i>	0.222	0.065
<i>Lathyrus tuberosus</i>	0.124	0.135	<i>Persicaria lapathifolia</i>	0.151	0.121
<i>Convolvulus arvensis</i>	0.121	0.058	<i>Abutilon theophrasti</i>	0.095	0.075
<i>Chenopodium polyspermum</i>	0.099	0.074	<i>Pisum sativum</i>	–0.023	0.047
<i>Datura stramonium</i>	0.098	0.050	<i>Stachys annua</i>	–0.058	0.046
<i>Stachys annua</i>	0.080	0.086	<i>Setaria viridis</i>	–0.064	0.052
<i>Raphanus raphanistrum</i>	0.047	0.055	<i>Chenopodium polyspermum</i>	–0.078	0.045
<i>Iva xanthiifolia</i>	0.027	0.055	<i>Lathyrus tuberosus</i>	–0.097	0.083
<i>Persicaria lapathifolia</i>	–0.118	0.074	<i>Xanthium strumarium</i>	–0.199	0.097
<i>Portulaca oleracea</i>	–0.192	0.051	<i>Portulaca oleracea</i>	–0.262	0.095

A három vizsgált régió által alkotott gradiens erős korrelációt mutatott a talaj tápanyag-ellátottságával (humusz, Cu, Zn). Az 1. régióban a tápanyagban gazdag élőhelyekre jellemző gyomfajok domináltak, ellentétben a 2. régióval. Redundanciaanalízis (RDA) alapján készült ordinációs ábrák (12. ábra) bemutatják a szignifikáns környezeti prediktorok (bal panel) és a gyomfajok eloszlási mintázatai (jobb panel) közötti összefüggéseket.

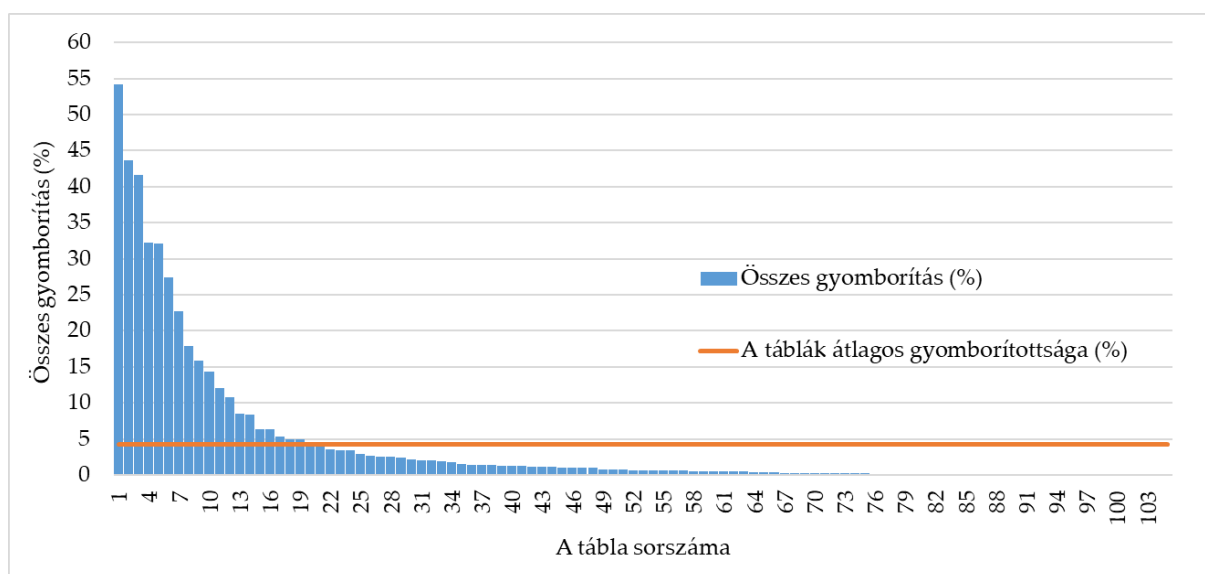


12. ábra: Redundanciaanalízis (RDA) alapján készült ordinációs ábrák

(Nyíl: numerikus változó; kék kör: év; barna háromszög: talajművelési mód; piros négyzet: régió; kis fekete kör: faj; 2018–2021: a 2018 és 2021 közötti tenyészidőszak évei; ML: mélylazítás; SzM: szántás; SM: sekély művelés; egyéb kapás: egyéb, széles sortávolságú elővetemények; humusz: talaj humusztartalom; Zn: talaj cinktartalom; N műtr.: N-műtrágya mennyisége; P műtr.: P-műtrágya mennyisége; ABUTH: *Abutilon theophrasti*; CHEAL: *Chenopodium album*; CIRAR: *Cirsium arvense*; CONAR: *Convolvulus arvensis*; ECHCG: *Echinochloa crus-galli*; HIBTR: *Hibiscus trionum*; PIBSX: *Pisum sativum*; POLCO: *Fallopia convolvulus*; POROL: *Portulaca oleracea*; SETVI: *Setaria viridis*).

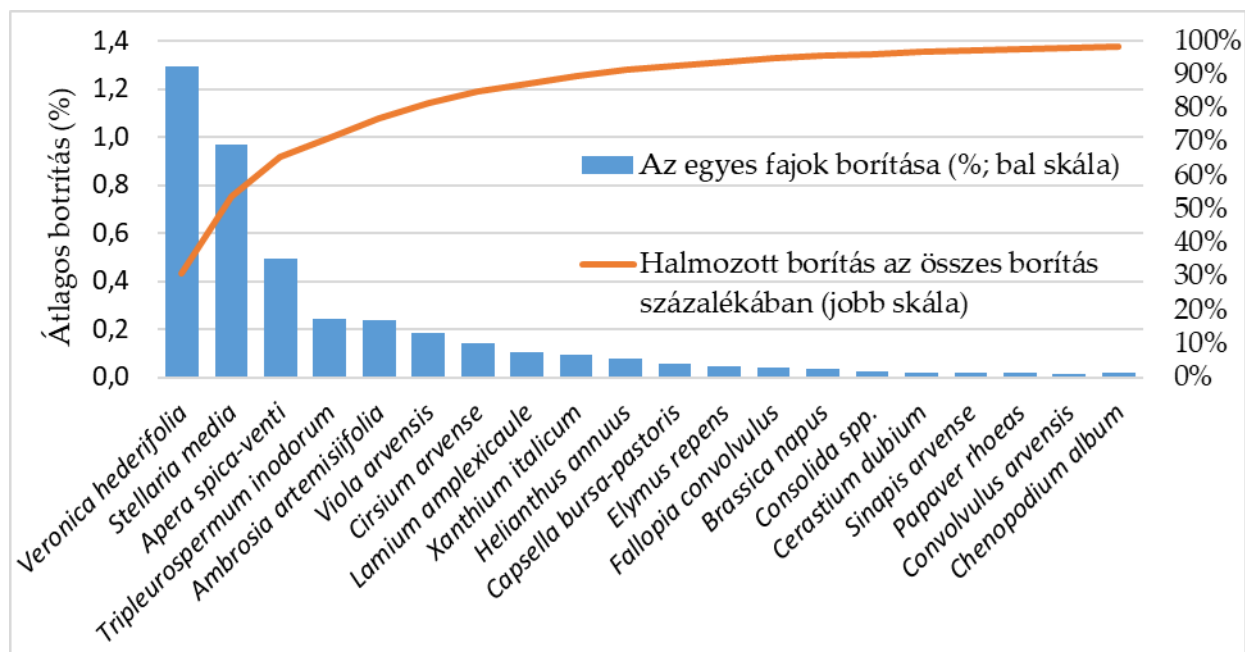
5.4 Őszi búza kultúrában végzett gyomnövényzet elemzés eredményei

A vizsgált búzatáblákban összesen 47 különböző gyomfajt azonosítottam, az átlagos gyomborítottság 4,3 % volt, ugyanakkor az egyes táblák gyomosodásának mértéke jelentős változatosságot mutatott. A legalacsonyabb rögzített gyomborítottság 0,1% alatti érték volt, míg a legmagasabb érték elérte a 54%-ot. A felmért táblák 18,45%-ában a gyomborítottság meghaladta az 5%-ot (szám szerint 19 táblán), 11,65%-án (12 darab táblán) az összes gyomborítottság meghaladta a 10%-ot, 30% fölötti borítás volt megfigyelhető a táblák 4,85%-án (5 tábla). 50% gyomborítás fölötti értéke mindössze egy táblán mértem.



13. ábra: Az átlagos gyomborítás megoszlása a vizsgált őszi búza táblákon

A 14. ábrán látható, hogy a vizsgált búzatáblákban átlagosan a három legfontosabb gyomfaj a *Veronica hederifolia*, a *Stellaria media* és az *Apera spica-venti* voltak. Ez a három faj rendelkezett a legmagasabb átlagos borítottsággal, amelynek értéke 0,5% és 1,3% között mozgott. Megfigyelhető, hogy a leggyakoribb fajok áttelelő egyévesek voltak, ugyanakkor nyári egyévesek is jelen voltak a táblákon. Emellett évelő gyomnövényeket is találtam, mint például a *Cirsium arvense* (15.ábra).



14. ábra: A felmért őszi búza táblák leggyakoribb gyomfajai és azok átlagos borítottsági értékei (%)



15. ábra: *Cirsium arvense* őszi búzában. (SAJÁT FOTÓ)

Az őszi búza táblákban előforduló árvakelésű növények a *Helianthus annuus* (16. ábra), a *Brassica napus* voltak, valamint csekély mennyiségben találtam *Medicago sativa* és *Pisum sativum* egyedeket is.

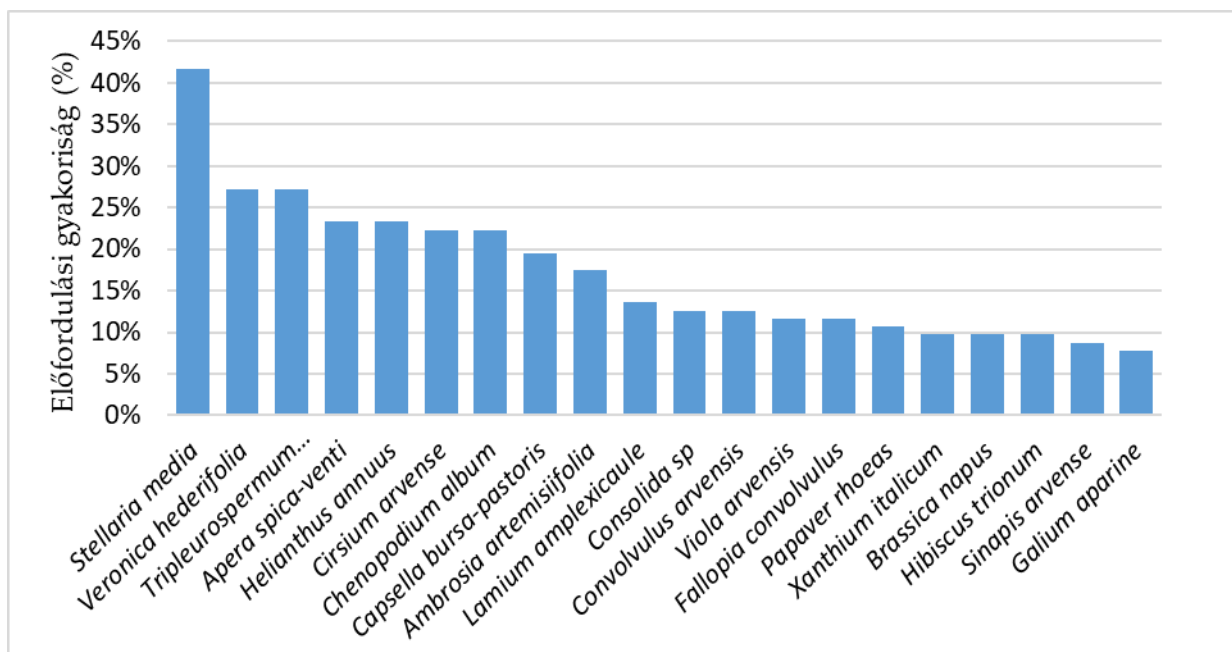


16. ábra: árvakelésű *Helianthus annuus* és *Aperis spica-venti*. (SAJÁT FOTÓ)

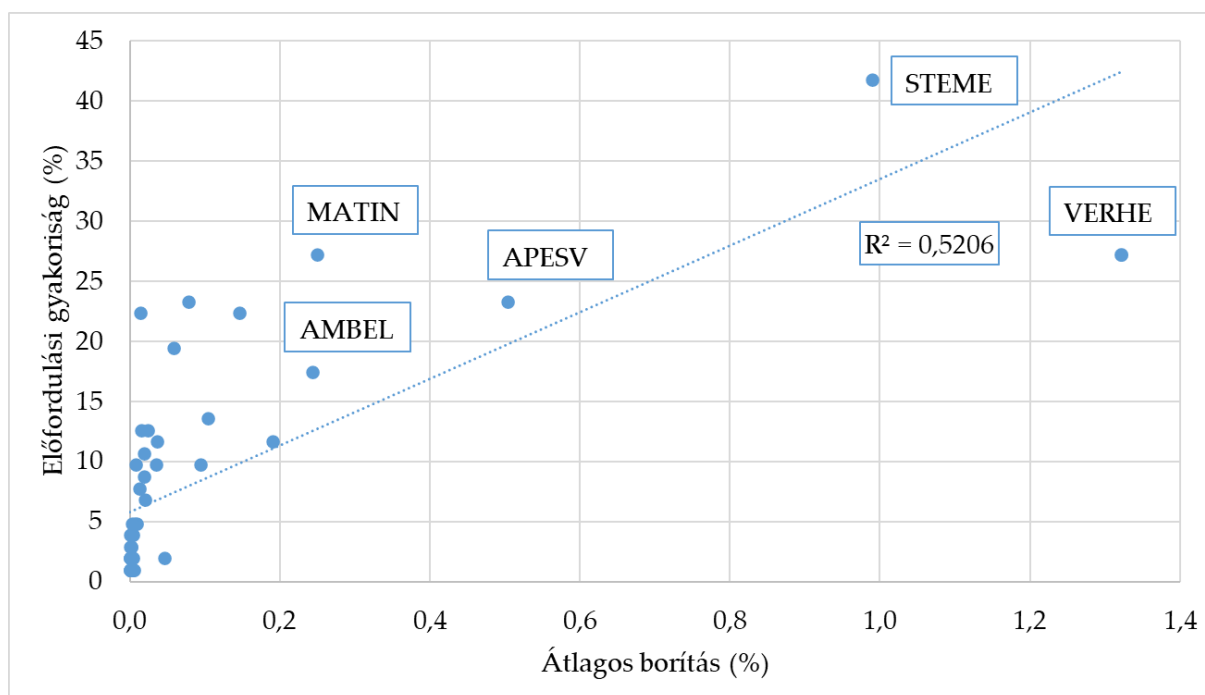
Előfordulási gyakoriság tekintetében kiemelkedett a *Stellaria media* előfordulási aránya (43%). Ezt követte a *Veronica hederifolia*, a *Tripleurospermum inodorum*, az *Aperis spica-venti*, a *Helianthus annuus*, a *Cirsium arvense* és a *Chenopodium album*, sorrendben 27, 27, 23, 23, 22 és 22%-os előfordulási arányokkal. Összességében azonban 15 faj mutatott 10%-nál nagyobb gyakoriságot (17. ábra).

Az előfordulási gyakoriság és az átlagos borítás közötti kapcsolatot mutatja a 18. ábra. Borítottság és állandóság tekintetében 5 faj kiemelkedő: *Tripleurospermum inodorum*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Aperis spica-venti*, *Stellaria media*, *Veronica hederifolia*.

Az őszi búza táblákban elvégzett vizsgálatban rögzített valamennyi faj taxonómiai és ökológiai jellemzői, beleértve a tudományos nevet, a rendszertani besorolást, a domináns fotoszintetikus típust, az életformát, a regionális előfordulást, az átlagos borítottságot és az állandósági értékeket, megtalálható a Függelék A4. számú táblázatában.



17. ábra: A felmért őszi búzátáblák leggyakoribb gyomfajai



18. ábra: Az átlagos gyomborítottság és a fajok állandósága közötti összefüggés a vizsgált területeken.

(MATIN: *Tripleurospermum inodorum*, AMBEL: *Ambrosia artemisiifolia*, APESV: *Apera spica-venti*, STEME: *Stellaria media*, VERHE: *Veronica hederifolia*).

5.5. A talajtani, környezeti és gazdálkodási tényezők hatása a teljes gyomborítottságra, a fajgazdagságra és a diverzitásra a felmért kalászos táblákban

A 14. táblázat eredményei alapján a talajtani változók csak korlátozott mértékben befolyásolták az összes gyomborítást. Az ANCOVA- és Pearson-korrelációk alapján a talaj tápanyagtartalmát megvizsgálva látható, hogy a nitrogén és foszfor tartalomnak nem volt hatása a gyomvegetáció alakulására. Csak a réz (Cu) és a cink (Zn) tartalom növekedése járult hozzá – kis mértékben – a gyomborítottság növekedéséhez (korreláció: +0,21, illetve +0,22). Ezzel szemben a gyomdiverzitást kifejező változók (fajgazdagság, Shannon-diverzitási index) esetében a vizsgált táblák talajállapotának hatása erősebb volt. A gyomösszetétel gazdagabbnak bizonyult a tömörebb talajú táblákban (korreláció: +0,41 a fajgazdagságra, illetve +0,31 a Shannon-indexre). A fajgazdagságot jelentősen csak kevés a talajkémiai tulajdonság befolyásolta, de több faj fordult elő a kevésbé savanyú (korreláció: +0,20) és a magas sótartalmú (korreláció: +0,32) talajokon. A fajgazdagságra a talaj káliumtartalma, mésztartalma, Na, Mg, S, Cu és Zn tartalma hatott. A Shannon-diverzitást a talaj K, Na, Mg, S és Zn tartalma befolyásolta pozitívan.

14. táblázat: Az ANCOVA-elemzések és a Pearson-korrelációk eredményei az őszi búza kísérletben (Magyarország, 2018–2021) a gyomvegetációt és a talajváltozókat leíró változók között

Talajtani tényezők	Teljes gyomborítás [%]	Fajgazdagság	Shannon - diverzitás index
ANCOVA <i>p</i> -értékei (Pearson korrelációs koefficiens)			
Talaj kötöttsége	ns	<0.001 (+0.41)	<0.001 (+0.31)
Talaj pH	ns	0.025 (+0.20)	ns
Sótartalom	ns	<0.001 (+0.32)	ns
Humusz	ns	ns	ns
N	ns	ns	ns
P ₂ O ₅	ns	ns	ns
K ₂ O	ns	<0.001 (+0.41)	<0.001 (+0.33)
CaCO ₃	ns	0.041 (+0.20)	ns
Na	ns	<0.001 (+0.39)	0.001 (+0.31)
Mg	ns	<0.001 (+0.31)	0.009 (+0.25)
S	ns	<0.001 (+0.35)	0.009 (+0.26)
Cu	0.033 (+0.21)	0.024 (+0.22)	ns
Mn	ns	ns	ns
Zn	0.023 (+0.22)	<0.001 (+0.35)	0.015 (+0.24)

A 15. táblázatban bemutatott eredmények szerint a környezeti és gazdálkodási változók nagyobb arányban mutattak szignifikáns hatást a fajgazdagságra és a Shannon-diverzitási indexre, mint az összes gyomborítottságra. Ez utóbbit szignifikánsan csak az évjárat, a talajművelési rendszer, a művelés mélysége és a kijuttatott N-műtrágya mennyisége befolyásolta. A vizsgált évek közül a legmagasabb gyomfertőzöttséget 2018-ban figyeltem meg (5,25%), míg a legalacsonyabbat 2019-ben (3,01%). A talajművelési rendszerek értékelésekor a szántás eredményezte a legmagasabb gyomborítottságot (9,75%), ezt követte a tárcsázás (5,69%), majd a mélylazítás és a sekély kultivátorozás, amelyek gyomborítottsága közel azonos volt (1,70%, illetve 1,66%). Ugyanakkor a művelés mélysége is szignifikáns hatással bírt, gyenge negatív korrelációval ($-0,27$). Az alkalmazott műtrágya hatóanyagok közül a nitrogén volt az egyetlen, amely gyenge negatív hatást gyakorolt az összes gyomborítottságra (korreláció: $-0,25$).

Általánosságban a fajgazdagság alacsony volt (átlagosan 4,17 faj/tábla), de minden környezeti változó és a legtöbb (11-ből 7) gazdálkodási változó szignifikánsan befolyásolta. A legnagyobb fajszám az 1. régióban volt megfigyelhető (6,23), amely szignifikánsan különbözött az összes többi régiótól (2,92–4,00). A regionális besoroláson túl mindhárom földrajzi paraméter (tengerszint feletti magasság, szélesség, hosszúság) hatása is igazolást nyert. Az évek közül a fajgazdagság szignifikánsan magasabb volt 2018-ban (7,36%) a következő évekhez képest (2019–2021; 2,96–3,61%). A gazdálkodási tényezők közül a későbbi időpontban végzett felmérések magasabb fajgazdagságot eredményeztek (korreláció: $+0,42$). Összességében az elővetemény csak korlátozottan befolyásolta a fajszámot, mivel szignifikáns összefüggés csak a gabonafélék esetében volt kimutatható. A talajművelési rendszerek közül szignifikáns különbséget találtam a tárcsázás (5,59 faj/tábla) és a sekély kultivátorozás (3,10 faj/tábla), valamint a tárcsázás és a mélylazítás (3,33 faj/tábla) között. Ezzel összhangban a művelés mélységének növekedése a fajgazdagság csökkenésével járt együtt (korreláció: $-0,32$). Az összes vizsgált műtrágya (N, P és K) negatív hatást gyakorolt a fajszámra (korreláció: $-0,32$; $-0,41$; illetve $-0,22$).

15. táblázat: Az ANCOVA-elemzések, Pearson-korrelációk (szignifikáns numerikus változók esetében) és Tukey-próba (szignifikáns kategóriás változók esetében) eredményei az őszi búza kísérletben (Magyarország, 2018–2021) a környezeti és gazdálkodási változók által befolyásolt gyomvegetációt leíró változókra vonatkozóan

Környezeti és gazdálkodási változók	Teljes gyomborítás [%]	Fajgazdagság	Shannon-diverzitás index
ANCOVA <i>p</i> -értékei (Pearson féle korrelációs koefficiens)/ [átlag és Tukey post hoc szignifikancia csoport ^A]			
Tengerszint feletti magasság	ns	0.003 (–0.29)	ns
Földrajzi szélesség	ns	<0.001 (–0.36)	0.017 (–0.23)
Földrajzi hosszúság	ns	0.013 (–0.24)	ns
Regió	ns	<0.001 [Régió 1 – 3.11 b Régió 2A – 4.00 b Régió 2B – 2.92 b Régió 3 – 6.23 a]	ns
Évjárat	0.033 [2018– 5.25 a 2019– 3.01 b 2020– 4.31 ab 2021– 4.56 ab]	<0.001 [2018– 7.36 a 2019– 3.61 b 2020– 3.25 b 2021– 2.96 b]	<0.001 [2018– 1.13 a 2019– 0.85 ab 2020– 0.64 bc 2021– 0.49 c]
Gyomfelvételezés dátuma	ns	<0.001 (+0.42)	<0.001 (+0.34)
Táblaméret	ns	ns	ns
Elővetemény			
Bolygatás nélküli	ns	ns	ns
Tavaszi vetésű elővetemény	ns	ns	ns
Kalászos elővetemény	ns	0.008 (+0.26)	0.039 (+0.20)
Egyéb sűrű térállású elővetemény	ns	ns	ns
Művelési mód	0.023	0.008	
Tárcsázás (TM))	[TM– 5.69 ab	[TM– 5.59 a	
Sekély kultivátor (SK)	SK– 1.66c	SK– 3.10 b	ns
Szántás (SzM)	SzM– 9.75 a	SzM– 3.93 ab	
Mélylazítás (ML)	ML– 1.70 bc]	ML– 3.33 b]	
Művelési mélység	0.006 (–0.27)	0.001 (–0.32)	0.034 (–0.13)
Nitrogén műtrágya mennyisége	0.011 (–0.25)	0.019 (–0.23)	ns
Foszfor műtrágya mennyisége	ns	<0.001 (–0.41)	0.006 (–0.27)
Kálium műtrágya mennyisége	ns	0.023 (–0.22)	0.045 (–0.20)

^ATukey-féle post hoc teszt szignifikanciaszintje: azonos betűvel jelölt esetek között nincs szignifikáns különbség 95%-os megbízhatósági szinten.

Az alacsony átlagos fajszám mellett a Shannon-diverzitási index is alacsony volt a vizsgálat során (átlag: 0,77). Ezeket az értékeket a táblák elhelyezkedése csak gyengén befolyásolta, mivel szignifikáns, de gyenge korrelációt kizárólag a földrajzi szélesség esetében találtam (korreláció: –0,23). Ezzel szemben az évjárat erőteljes hatást mutatott: a Shannon-index értékei 1,13 (2018) és

0,49 (2021) között változtak. Gyenge korrelációt figyeltem meg a gyomfelvételezés időpontja és a gabonafélék mint elővetemény között, hasonlóan a fajgazdagságnál tapasztaltakhoz. A talajművelési rendszernek nem volt kimutatható hatása a Shannon-diverzitási indexre. Bár a művelés mélységének hatása szignifikáns volt, ez nagyon gyenge mértékű volt (korreláció: $-0,13$). A nitrogénműtrágya mennyisége nem befolyásolta a diverzitást; ezzel szemben a foszfor- és a káliumműtrágya mennyisége gyenge pozitív korrelációt mutatott a Shannon-diverzitási indexszel (15. táblázat).

5.6 A magyarázó változók hatása a gyomflóra összetételére őszi búzában

A vizsgált változók összesen a fajdiverzitás varianciájának 29,2%-át magyarázták. Ezek közül a táblák talajtulajdonságai (N- és Mg-tartalom), elhelyezkedése (régió) és a szezonális a variancia 17,29%-áért voltak felelősek, ami a teljes magyarázott variancia több mint 60%-ának felel meg. A gazdálkodási tényezők közül a talajművelési mód gyakorolta a legnagyobb hatást (5,58%). Ez a hatás több mint háromszorosa volt a művelés mélységének hatásához képest (1,73%). Az előveteménycsoportok közül a tavaszi kapás és egyéb sűrűsoros növények, valamint a műtrágyázás tekintetében kizárólag a kálium (K) hatása bizonyult szignifikánsnak a gyomflóra összetételével kapcsolatban 95 %-os szignifikancia szinten (16. táblázat).

16. táblázat: A magyarázó változók gyomflóra-összetételre gyakorolt hatásai redundanciaanalízis (RDA) alapján az őszi búza kísérletben (Magyarország, 2018–2021)

Szignifikáns magyarázó változók	Df	Tejles hatás		Tiszta hatás			
		Magyarázott variancia (%)	R^2_{adj}	Magyarázott variancia (%)	R^2_{adj}	F	p-érték
Talaj nitrogen tartalma	1	1.24	0.003	1.75	0.007	1.721	0.035
Talaj Mg tartalma	1	2.80	0.018	1.88	0.010	2.103	0.007
Régió	3	9.96	0.072	7.70	0.060	3.164	0.001
Évjárat	3	4.50	0.016	6.26	0.043	2.570	0.001
Tavaszi vetésű elővetemény	1	1.37	0.004	1.58	0.009	1.950	0.019
Egyéb sűrű térállású elővetemény	1	1.29	0.003	1.34	0.006	1.653	0.044
Talajművelés módja	3	5.02	0.021	5.58	0.036	2.293	0.001
Talajművelés mélysége	1	1.54	0.006	1.73	0.011	2.135	0.007
Kijuttatott K műtrágya mennyisége	1	2.67	0.017	1.38	0.007	1.703	0.047
Összesen	-	-	-	29,20	-	-	-

A gyomfajok eloszlása jelentős eltéréseket mutatott a vizsgált régiók között. A 3. régiót a *Cirsium arvense* és a *Xanthium italicum* domináns jelenléte jellemezte, amelyek mindkét

esetben megelőzték a többi fajt, miközben a *Stellaria media* (19. ábra) előfordulása viszonylag alacsony volt. Ezzel szemben az 1. régióban a *S. media* magas előfordulási aránya volt jellemző, míg a *C. arvense* kevésbé volt meghatározó. Emellett ebben a régióban a *Chenopodium album* is jelentős fajként jelent meg.



19. ábra: *Stellaria media* őszi búzában, Nyírbátor 2018. (SAJÁT FOTÓ)

A 2A. régióban ezzel szemben a *Consolida* fajok és a *Raphanus raphanistrum* domináltak, míg a *Tripleurospermum inodorum* és a *X. italicum* alacsonyabb rangsorolást kaptak. Ez az eloszlás élesen eltért a 3. régiótól.

A 2B. régióban a *Viola arvensis* és az *Elymus repens* jelenléte volt szembetűnő, mivel ezek a fajok a többi régióban nem fordultak elő (17. táblázat).

17. táblázat: A részleges redundanciaanalízisben (pRDA) az elsődleges tengellyel legszorosabban korreláló taxonok ordinációja és modellilleszkedési statisztikái, a régióra korrigált változókra fókuszálva a vizsgált őszi búza táblákban (2018–2021).

Fajnév	Koordináta	Illeszkedés az 1. tengelyre	Fajnév	Koordináta	Illeszkedés az 1. tengelyre
Regió 1 (+ magas; – alacsony)			Regió 2A (+ magas; – alacsony)		
<i>Stellaria media</i>	0.067	0.291	<i>Consolida spp.</i>	0.090	0.166
<i>Chenopodium album</i>	0.143	0.218	<i>Raphanus raphanistrum</i>	0.060	0.069
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	0.071	0.178	<i>Phragmites australis</i>	0.031	0.053
<i>Chenopodium hybridum</i>	0.077	0.115	<i>Vicia villosa</i>	0.031	0.047
<i>Plantago lanceolata</i>	0.045	0.074	<i>Fumaria schleicheri</i>	0.031	0.042
<i>Pisum sativum</i>	0.052	0.054	<i>Lycopus exaltatus</i>	0.031	0.030
<i>Xanthium italicum</i>	0.033	-0.100	<i>Convolvulus arvensis</i>	0.028	-0.073
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	0.046	-0.130	<i>Xanthium italicum</i>	0.028	-0.093
<i>Cirsium arvense</i>	0.030	-0.136	<i>Helianthus annuus</i>	0.062	-0.176
<i>Veronica hederifolia</i>	0.112	-0.365	<i>Tripleurospermum inodorum</i>	0.048	-0.193
Regió 2B (+ magas; – alacsony)			Regió 3 (+ magas; – alacsony)		
<i>Viola arvensis</i>	0.172	0.151	<i>Cirsium arvense</i>	0.140	0.292
<i>Elymus repens</i>	0.088	0.136	<i>Xanthium italicum</i>	0.205	0.250
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	0.035	0.113	<i>Tripleurospermum inodorum</i>	0.072	0.236
<i>Medicago sativa</i>	0.043	0.068	<i>Helianthus annuus</i>	0.070	0.187
<i>Bromus sterilis</i>	0.043	0.012	<i>Convolvulus arvensis</i>	0.144	0.165
<i>Daucus carota</i>	0.043	0.008	<i>Fallopia convolvulus</i>	0.050	0.096
<i>Lactuca serriola</i>	0.043	0.008	<i>Sinapis arvensis</i>	0.077	0.089
<i>Amaranthus retroflexus</i>	0.029	0.008	<i>Cerastium dubium</i>	0.108	0.087
<i>Cichorium intybus</i>	0.043	0.005	<i>Hibiscus trionum</i>	0.128	0.077
<i>Chenopodium album</i>	0.039	-0.114	<i>Stellaria media</i>	0.096	-0.349

A 2018 és 2021 közötti években eltérő gyomfajok voltak jellemzőek. Az *Ambrosia artemisiifolia* és a *Xanthium italicum* mutatta a legszorosabb kapcsolatot a 2018-as évvel; a *Chenopodium album* és az árvakelésű napraforgó (*Helianthus annuus*) 2019-cel; a *Tripleurospermum inodorum* és a *Plantago lanceolata* – utóbbi egyébként nem jellemző a szántóföldi területeken – 2020-szal; míg az *Elymus repens* és a *Cannabis sativa* 2021-gyel korrelált leginkább. A szoros kapcsolatok értékelésén túl nem volt kimutatható korreláció egyetlen év és a legfontosabb fajok között sem. Ez arra utal, hogy a *Veronica hederifolia*, a *Stellaria media* és az *Apera spica-venti* a vizsgált években közel azonos borítottsági értékeket mutattak (18. táblázat).

18. táblázat: A részleges redundanciaanalízisben (pRDA) az elsődleges tengellyel legszorosabban korreláló taxonok ordinációja és modellilleszkedési statisztikái az évjáratra korrigált változókra fókuszálva a vizsgált őszi búza táblákban (2018–2021).

Fajnév	Koordináta	Illeszkedés az 1. tengelyre	Fajnév	Koordináta	Illeszkedés az 1. tengelyre
2018 (+ magas; – alacsony)			2019 (+ magas; – alacsony)		
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	0.112	0.204	<i>Chenopodium album</i>	0.115	0.196
<i>Xanthium italicum</i>	0.124	0.195	<i>Helianthus annuus</i>	0.029	0.120
<i>Lamium amplexicaule</i>	0.053	0.078	<i>Fallopia convolvulus</i>	0.078	0.120
<i>Cardaria draba</i>	0.130	0.061	<i>Chenopodium hybridum</i>	0.060	0.101
<i>Cannabis sativa</i>	0.088	0.053	<i>Pisum sativum</i>	0.041	0.048
<i>Polygonum aviculare</i>	0.070	0.047	<i>Phragmites australis</i>	0.021	0.044
<i>Datura stramonium</i>	0.112	0.027	<i>Stachys annua</i>	0.021	0.006
<i>Ranunculus repens</i>	0.072	0.024	<i>Cerastium dubium</i>	0.024	–0.041
<i>Amaranthus retroflexus</i>	0.064	0.011	<i>Viola arvensis</i>	0.041	–0.074
<i>Chenopodium polyspermum</i>	0.065	0.009	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	0.024	–0.094
2020 (+ magas; – alacsony)			2021 (+ magas; – alacsony)		
<i>Tripleurospermum inodorum</i>	0.059	0.213	<i>Elymus repens</i>	0.053	0.106
<i>Plantago lanceolata</i>	0.069	0.092	<i>Consolida spp.</i>	0.029	0.095
<i>Galium aparine</i>	0.039	0.081	<i>Medicago sativa</i>	0.026	0.053
<i>Viola arvensis</i>	0.033	0.066	<i>Anthemis austriaca</i>	0.026	0.024
<i>Taraxacum officinale</i>	0.041	0.023	<i>Cichorium intybus</i>	0.026	0.004
<i>Lamium purpureum</i>	0.051	0.022	<i>Fallopia convolvulus</i>	0.036	–0.082
<i>Bromus sterilis</i>	0.041	0.012	<i>Xanthium italicum</i>	0.033	–0.100
<i>Lamium amplexicaule</i>	0.032	–0.061	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	0.046	–0.130
<i>Fallopia convolvulus</i>	0.023	–0.066	<i>Helianthus annuus</i>	0.034	–0.131
<i>Chenopodium album</i>	0.046	–0.124	<i>Chenopodium album</i>	0.053	–0.133

A vizsgált talajművelési rendszerek jól kategorizálhatók a jellemző gyomfajok alapján. A mélylazításos művelésre a *Veronica hederifolia* és a *Fallopia convolvulus* volt jellemző, a tárcsázásra a *Tripleurospermum inodorum* és a *Xanthium italicum*, a szántásra az *Stellaria media* és a *Viola arvensis*, míg a sekélyművelésre a *Chenopodium album* és a *Cannabis sativa*. Az összességében legnagyobb borítást adó faj, a *Veronica hederifolia* borítottsága negatívan korrelált a sekély kultivátorozás. Az eredmények azt is kiemelik, hogy például az *Stellaria media* átlagos borítottságot mutatott a nem szántott területeken, a *Veronica hederifolia* a szántott vagy tárcsázott területeken, míg az *Apera spica-venti* minden művelési típusban előfordult, mivel a modellben csak kis mértékű illeszkedést mutatott ezekhez a talajművelési módokhoz (19. táblázat).

19. táblázat: A részleges redundanciaanalízisben (pRDA) az elsődleges tengellyel legszorosabban korreláló taxonok ordinációja és modellilleszkedési statisztikái a talajművelésre korrigált változókra fókuszálva a vizsgált őszi búza táblákban (2018–2021).

Fajnév	Koordináta	Illeszkedés az 1. tengelyre	Fajnév	Koordináta	Illeszkedés az 1. tengelyre
Mélylazítás (+ magas; – alacsony)			Tárcsázás (+ magas; – alacsony)		
<i>Veronica hederifolia</i>	0.027	0.177	<i>Tripleurospermum inodorum</i>	0.082	0.253
<i>Fallopia convolvulus</i>	0.057	0.103	<i>Xanthium italicum</i>	0.044	0.116
<i>Phragmites australis</i>	0.038	0.059	<i>Convolvulus arvensis</i>	0.070	0.115
<i>Vicia villosa</i>	0.038	0.052	<i>Cerastium dubium</i>	0.082	0.076
<i>Hibiscus trionum</i>	0.027	0.035	<i>Sinapis arvensis</i>	0.027	0.053
<i>Avena fatua</i>	0.027	0.025	<i>Polygonum aviculare</i>	0.027	0.030
<i>Stachys annua</i>	0.038	0.008	<i>Ranunculus repens</i>	0.035	0.016
<i>Papaver rhoeas</i>	0.022	–0.042	<i>Amaranthus retroflexus</i>	0.031	0.008
<i>Galium aparine</i>	0.015	–0.051	<i>Chenopodium polyspermum</i>	0.031	0.006
<i>Viola arvensis</i>	0.022	–0.054	<i>Chenopodium album</i>	0.029	–0.098
Szántás (+ magas; – alacsony)			Szekély kultivátor (+ magas; – alacsony)		
<i>Stellaria media</i>	0.019	0.154	<i>Chenopodium album</i>	0.151	0.224
<i>Viola arvensis</i>	0.147	0.139	<i>Consolida spp.</i>	0.040	0.111
<i>Medicago sativa</i>	0.058	0.079	<i>Chenopodium hybridum</i>	0.069	0.109
<i>Elymus repens</i>	0.020	0.064	<i>Plantago lanceolata</i>	0.040	0.071
<i>Fumaria schleicheri</i>	0.058	0.057	<i>Pisum sativum</i>	0.048	0.051
<i>Lycopus exaltatus</i>	0.058	0.041	<i>Descurainia sophia</i>	0.039	0.048
<i>Bromus sterilis</i>	0.058	0.014	<i>Cannabis sativa</i>	0.043	0.037
<i>Fallopia convolvulus</i>	0.017	–0.055	<i>Xanthium italicum</i>	0.036	–0.105
<i>Chenopodium album</i>	0.025	–0.091	<i>Tripleurospermum inodorum</i>	0.053	–0.203
<i>Helianthus annuus</i>	0.018	–0.095	<i>Veronica hederifolia</i>	0.047	–0.236

A talaj nitrogéntartalma növelte a *Cirsium hederifolia* és a *Fumaria schleicheri* borítását, miközben negatívan befolyásolta a *Stellaria media* terjedését. Ezzel szemben a magas kálium- és magnéziumtartalom elősegítette a *S. media* gyakoribb előfordulását. A magas magnéziumszint azonban kedvezőtlen hatással volt a *Cirsium arvense*, a *Galium aparine* és a *Capsella bursa-pastoris* előfordulására. A magas káliumtartalom pedig negatívan befolyásolta a *Chenopodium album* és az *Ambrosia artemisiifolia* előfordulását.

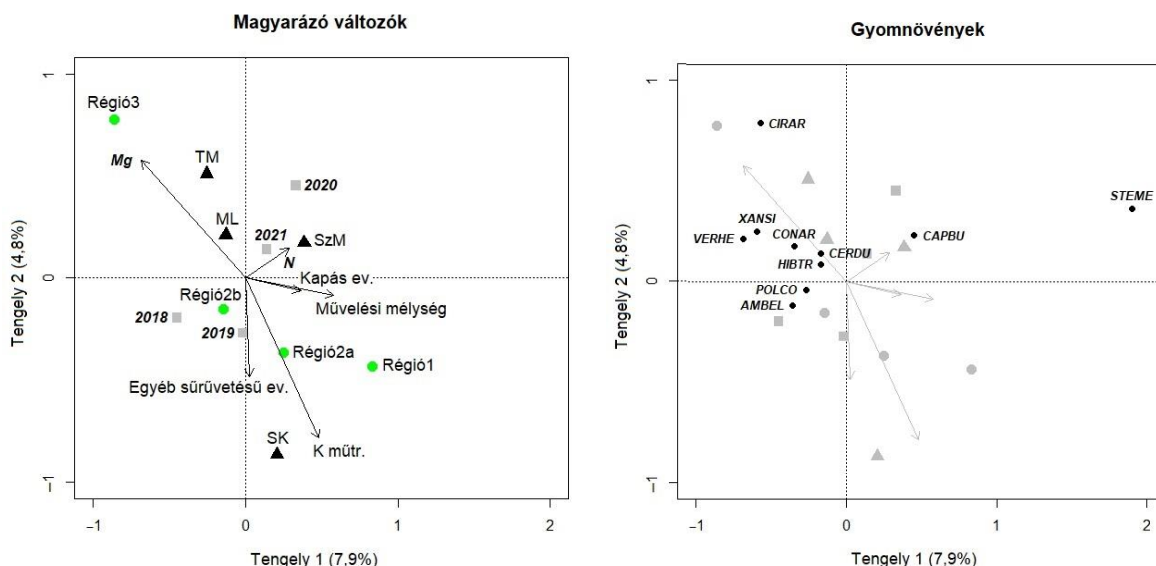
A művelés mélysége a gyomok jelenlétét a következőképpen befolyásolta: minél mélyebb volt a művelés, annál ritkábban fordult elő a *Cirsium arvense*. A szekély kultivátorozás viszont elősegítette a *Tripleurospermum inodorum* megjelenését.

A tavaszi elővetemények szintén elősegítették a *Tripleurospermum inodorum* megjelenését, miközben csökkentették a *Brassica napus* és a *Cirsium arvense* előfordulását. Egyéb sűrű térállású elővetemény a *Veronica hederifolia* és a *Brassica napus* előfordulását támogatták, ugyanakkor mérsékeltek a *Medicago sativa* és az *Elymus repens* gyakoriságát (20. táblázat).

20. táblázat: A részleges redundanciaanalízisben (pRDA) az elsődleges tengellyel legszorosabban korreláló taxonok ordinációja és modellilleszkedési statisztikái a talajra és egyes gazdálkodás változókra korrigált változókra fókuszálva a vizsgált őszi búza táblákban (2018–2021).

Fajnév	Koordináta	Illeszkedés az 1. tengelyre	Fajnév	Koordináta	Illeszkedés az 1. tengelyre
Talaj N tartalma (+ magas; – alacsony)			Talaj Mg tartalma (+ magas; – alacsony)		
<i>Veronica hederifolia</i>	0.050	0.242	<i>Stellaria media</i>	0.043	0.233
<i>Fumaria schleicheri</i>	0.482	0.165	<i>Avena fatua</i>	0.024	0.023
<i>Brassica napus</i>	0.011	0.057	<i>Lamium purpureum</i>	0.035	0.018
<i>Plantago lanceolata</i>	0.015	0.043	<i>Ranunculus repens</i>	0.022	–0.013
<i>Cardaria draba</i>	0.016	0.022	<i>Hibiscus trionum</i>	0.064	–0.055
<i>Hibiscus trionum</i>	0.013	–0.024	<i>Anthemis austriaca</i>	0.182	–0.064
<i>Medicago sativa</i>	0.011	–0.034	<i>Xanthium italicum</i>	0.028	–0.093
<i>Xanthium italicum</i>	0.011	–0.059	<i>Cirsium arvense</i>	0.022	–0.114
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	0.016	–0.078	<i>Galium aparine</i>	0.079	–0.115
<i>Stellaria media</i>	0.012	–0.120	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	0.037	–0.129
Kálium műtrágya mennyisége (+ magas; – alacsony)			Művelési mélység (+ magas; – alacsony)		
<i>Stellaria media</i>	0.046	0.241	<i>Tripleurospermum inodorum</i>	0.079	0.247
<i>Fumaria schleicheri</i>	0.053	0.055	<i>Brassica napus</i>	0.048	0.121
<i>Lycopus exaltatus</i>	0.053	0.039	<i>Consolida spp.</i>	0.023	0.084
<i>Anthemis austriaca</i>	0.024	0.023	<i>Cannabis sativa</i>	0.038	0.035
<i>Lactuca serriola</i>	0.021	0.006	<i>Cardaria draba</i>	0.024	0.026
<i>Cichorium intybus</i>	0.034	–0.004	<i>Datura stramonium</i>	0.070	0.022
<i>Cerastium dubium</i>	0.055	–0.062	<i>Veronica polita</i>	0.036	0.019
<i>Viola arvensis</i>	0.047	–0.079	<i>Cichorium intybus</i>	0.030	–0.004
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	0.024	–0.094	<i>Cerastium dubium</i>	0.041	–0.054
<i>Chenopodium album</i>	0.046	–0.124	<i>Cirsium arvense</i>	0.032	–0.139
Tavaszi elővetemény (+ magas; – alacsony)			Egyéb sűrű térállású elővetemény (+ magas; – alacsony)		
<i>Tripleurospermum inodorum</i>	0.025	0.139	<i>Veronica hederifolia</i>	0.024	0.169
<i>Elymus repens</i>	0.029	0.078	<i>Brassica napus</i>	0.067	0.142
<i>Descurainia sophia</i>	0.054	0.057	<i>Apera spica-venti</i>	0.026	0.106
<i>Papaver rhoeas</i>	0.039	0.056	<i>Pisum sativum</i>	0.052	0.053
<i>Sinapis arvensis</i>	0.023	0.049	<i>Cichorium intybus</i>	0.032	–0.004
<i>Veronica polita</i>	0.125	0.035	<i>Datura stramonium</i>	0.029	–0.014
<i>Datura stramonium</i>	0.046	0.018	<i>Cardaria draba</i>	0.024	–0.026
<i>Cichorium intybus</i>	0.071	0.006	<i>Veronica polita</i>	0.106	–0.032
<i>Cirsium arvense</i>	0.028	–0.131	<i>Elymus repens</i>	0.025	–0.073
<i>Brassica napus</i>	0.089	–0.165	<i>Medicago sativa</i>	0.107	–0.107

Redundanciaanalízis (RDA) alapján készült ordinációs ábrák (20. ábra) bemutatják a szignifikáns környezeti prediktorok (bal panel) és a gyomfajok eloszlási mintázatai (jobb panel) közötti összefüggéseket.



20. ábra: Az őszi búza táblákban elvégzett felmérések alapján folytatott Redundanciaanalízis (RDA) alapján készült ordinációs ábrák

TM: tárcsás művelés; ML: mélylazítás; SzM: szántásos művelés; SK: Sekély kultivátorozás; Kapás ev.: Tavaszi kapás elővetemények aránya; Egyéb sűrűvetésű ev.: Egyéb sűrűvetésű elővetemények aránya; N: talaj nitrogén tartalma; Mg: talaj magnézium tartalma; K műtr.: Kálium műtrágya mennyisége; AMBEL: *Ambrosia artemisiifolia*, POLCO: *Portulaca oleracea*, HIBTR: *Hibiscus trionum*, CONAR: *Convolvulus arvensis*, VERHE: *Veronica hederifolia*, XANSI: *Xanthium strumarium*, CIRAR: *Cirsium arvense*, CERDU: *Cerastium dubium* CAPBU: *Capsella bursa-pastoris*

6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

6.1. A kukoricában végzett vizsgálatok alapján levont következtetések és javaslatok

A kukoricatáblák gyomnövényzetének összetétele

Eredményeim szerint a vizsgált kukoricatáblákban az átlagos gyomborítottság 9,7% volt, amely 0,1% és 37,5% között mozgott. Ez a gyomfertőzési szint már a termésesökkenés kockázatát hordozhatja (TEASDALE - CAVIGELLI 2010).

A felvételezett területek gyomflórája eltért a VI. Országos Gyomfelvételezés eredményeitől (NOVÁK et al. 2019), elsősorban a fajösszetétel markáns eltérései miatt. Az országos adatok szerint a parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia*) a legjelentősebb késő nyári gyomfaj kukoricában, ám az általam vizsgált területeken csak korlátozottan fordult elő. Ezzel szemben a kakaslábű (*Echinochloa crus-galli*), ami országosan a harmadik helyen szerepelt, felmérésben a leggyakoribb faj volt. Voltak olyan fajok – például a fehér libatop (*Chenopodium album*), a varjúmák (*Hibiscus trionum*) és a csattanó maszlag (*Datura stramonium*) – amelyek országos és helyi szinten is dominánsak voltak. Más, országosan jelentős fajok, így a fenyércirok (*Sorghum halepense*) és a fakó muhar (*Setaria pumila*), nem kerültek felvételezésre a vizsgálati régióban. Ugyanakkor olyan fajok, amelyek országos szinten kevésbé jelentősek (nem voltak benne a 20 leggyakoribb fajban) – például a kövér porcsin (*Portulaca oleracea*), a bojtortján szerbtövis (*Xanthium strumarium*) és a hamvas szeder (*Rubus caesius*) – a felmérésben gyakoriak voltak.

A vizsgált régió kukoricatábláinak gyomflóráját néhány domináns faj jellemzi, a teljes gyomborítás több mint felét mindössze négy faj adta. Kiemelkedő az *Echinochloa crus-galli*, a *Chenopodium album* és a *Hibiscus trionum*, amelyek a legmagasabb állandósági értékeket mutatták. Ezzel szemben a vizsgált régiókban, a vizsgált táblákban, 2018 és 2021 között a *Sorghum halepense* még nem volt olyan elterjedt és problémás gyomnövény, mint az ország más területein.

A *Chenopodium album* széles körű előfordulását kukoricában több tanulmány is megerősítette. A faj a világ öt leggyakoribb gyomnövénye közé tartozik, kukoricában a hetedik leggyakoribb, és az Amerikai Egyesült Államok Corn Belt régiójában évtizedek óta az egyik legproblémásabb gyom (FORCELLA et al. 1992; CLEMENTS et al. 1996). Egy 2011-es, 11 európai országra (Belgium, Csehország, Dánia, Franciaország, Németország, Magyarország, Lengyelország, Olaszország,

Románia, Spanyolország, Egyesült Királyság) kiterjedő felmérésben 203 gyomfajt azonosítottak, közülük 61-et minősítettek „nagyon gyakorinak”, de mindegyik országban kizárólag a *Chenopodium album* kapott ilyen besorolást (JENSEN et al. 2011). Az *E. crus-galli* világszerte elterjedt a szántóföldi kultúrákban, mivel változatos környezeti feltételek mellett képes csírázni és virágozni (KEELEY - THULLEN 1989). VIDOTTO et al. (2016) olaszországi kukorica-gyomfelvételezéseikben az *Echinochloa crus-galli* és a *Chenopodium album* azonosították legelterjedtebb fajként.

A négy legdominánsabb faj közül az *Echinochloa crus-galli* és a *Portulaca oleracea* C4 típusú fotoszintézissel rendelkezik, akárcsak a kukorica, míg a *Chenopodium album* köztes C3–C4 (forrás) fotoszintézist mutat. Ez előnyt jelenthet számukra a C3 gyomfajokkal szemben, különösen a forró nyári hónapokban és intenzív fényviszonyok mellett (BERNARDO et al. 2023) A C4 fajok erőteljesebb növekedése borítási értékeikben is tükröződik. A kilenc általam felvételezett C4 faj (köztük a *Chenopodium album*) összesen 5,51%-os gyomborítást adott (fajonként 0,61%), szemben a 42 C3 fajjal, amelyek összesen 4,21%-ot képviseltek (fajonként 0,10%).

A talajviszonyok hatása a gyompopulációkra kukoricában

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a talaj fizikai és kémiai tulajdonságai, valamint az agronómiai beavatkozások jelentősen befolyásolják a kukoricatáblák gyomflórájának összetételét és diverzitását. A talaj kötöttsége (Arany-féle kötöttségi index) és a talaj pH-ja egyaránt hatással voltak a Shannon-diverzitásra és a fajgazdagságra, ami arra utal, hogy a talajszerkezet és a kémiai jellemzők kulcsszerepet játszanak a gyomflóra alakulásában. Korábbi tanulmányok szintén alátámasztották a talaj fizikai és kémiai tulajdonságai, valamint a gyomösszetétele közötti összefüggést (PYSEK et al. 2005; BUHLER et al. 1995).

A mikro- és mezoelemek szerepe szintén figyelemre méltó: a magnézium pozitív korrelációt mutatott a gyomdiverzitással, a mangán az összes gyomborítással, valamint a réz, a kén és a cink a fajgazdagsággal, ami bizonyíték arra, hogy a gyomnövényzet érzékenyen reagál a talaj ásványi összetételének változásaira. A mikro- és mezoelemek koncentrációja befolyásolhatja a tápanyagfelvételt mind a kukorica-, mind a gyomfajok esetében, ugyanakkor közvetlen bizonyíték, amely az egyes mikroelemszinteket a gyomdiverzitás változásaihoz köti, továbbra is korlátozott. Néhány tanulmány (pl.: GHASEMI et al. 2015) arra utal, hogy bizonyos gyomfajok jobban fejlődhetnek magasabb mikroelem-ellátottságú talajokon, és ezáltal dominánssá válhatnak. Például a

Cirsium arvensis és az *Echinochloa crus-galli* fajok szöveteiben kimutatták a magasabb Fe- és Mn-koncentrációkat. A vetésváltás és az ásványi trágyázás növeli a gyomflóra fajgazdagságát és kiegyenlíti a közösségeket a monokultúrákhoz vagy minimális trágyázáshoz képest (DALOVIC et al. 2024). Mindezek mellett, a mikro- és mezoelemek teljes gyomdiverzitásra gyakorolt, közvetlen hatása egyelőre nem tekinthető szilárdan megalapozottnak.

A gyomfajösszetétellel a talajparaméterek közül a humusz- és cinktartalom mutatott korrelációt. A redundanciaanalízis (RDA) alapján több indikátorfaj is azonosításra került. A humusztartalom és a *Chenopodium album*, valamint az *Amaranthus retroflexus* jelenléte közötti pozitív összefüggés azt jelzi, hogy ezek a nitrofil fajok a tápanyagban gazdag, magas humusztartalmú talajokat részesítik előnyben, amely összhangban áll a korábbi eredményekkel (MOREAU et al. 2013). Ezzel szemben az *Ambrosia artemisiifolia* és az *Amaranthus blitoides* gyakoribb előfordulása az alacsonyabb humusztartalmú mintákban arra utal, hogy ezek a fajok kevésbé kötődnek a tápanyagban gazdag élőhelyekhez, és jól alkalmazkodnak degradált környezetekhez is. Az *Amaranthus blitoides* erős adaptációs képességét az ilyen feltételekhez más vizsgálatok is megerősítették (DESSERUD - HUGENHOLTZ 2015; ABUHADRA et al. 2016). Az *Ambrosia artemisiifolia* szintén ismert arról, hogy képes fennmaradni degradált vagy szennyezett talajokon (NATALIHA et al. 2022; CITTERIO et al. 2017).

A napraforgó árvakelés (*Helianthus annuus*), a *Xanthium strumarium* és a *Datura stramonium* pozitív korrelációt mutattak a magas talajréz-szintekkel, jelezve jó tűrőképességüket. A napraforgó különösen hatékony a réz felvételében (akár 85%-os eltávolítási hatékonyság), főként gyökereiben halmozza fel, így ígéretes fitoremediációs faj (RINANTI et al. 2018). A *Xanthium strumarium* szintén nagy mennyiségű rezes és más fémeket (Cd, Ni) akkumulál (XUE et al. 2022), míg a *Datura stramonium* több nehézfém (Cu, Cd, Cr) képes tolerálni (NGOLE-JEME - MAKULEKE 2020). Ezzel szemben a *Cirsium arvensis* érzékeny a magas rézszintekre, ezért jelenléte rézszegény élőhelyek indikátora lehet. Más vizsgálatok a talajréz-szint és a gyomgyakoriság között is pozitív kapcsolatot mutattak ki, jelezve a réz szerepét a gyomközösségek és a magbank szerkezetének alakításában (BABST-KOSTECKA et al. 2023; OGAZIE et al. 2023).

A magas cinkkoncentráció a *Chenopodium album* kedvező előfordulásának indikátoraként szolgál, és elősegíti a *Cirsium arvensis* és az *Aristolochia clematitis* megjelenését is. MALICKI - BERBECIOWA. (1986) kimutatták, hogy a *Chenopodium album* cinkfelvétel szempontjából

versenyképesebb az őszi búzánál és a tavaszi árpánál, ugyanakkor kevesebb cinket halmoz fel, mint a cukorrépa és a tavaszi repce.

A környezeti tényezők hatása a gyompopulációkra kukoricában

A környezeti tényezők közül a legnagyobb befolyásoló hatást a régió és az évjárat tanúsította. A régiós besorolás a talaj, a földrajzi adottságok, a csapadék és a hőmérséklet összességét tükrözi. Eredményeim szerint a régiók között különbségek mutatkoztak a gyomborítás és a fajgazdagság tekintetében, de a fajdiverzitásban nem.

Az éghajlati adottságok vizsgálata során kiderült, hogy az évek közötti különbségek nagyobb hatással voltak a gyomborításra, fajgazdagságra és dominanciára, mint a régiók közötti eltérések. A hőmérséklet- és csapadékingadozások befolyásolták a gyomflóra összetételét, amit DUDIĆ és et al. (2025) szerbiai kukoricatáblák vizsgálata is alátámasztott: a forró, száraz években a kétszikű gyomok és terofitonok domináltak, de a domináns fajok az adott év időjárásától függően változtak. PINKE et al. (2018), valamint NAGY (2017) egyaránt kimutatták, hogy az évenkénti időjárási és csapadék-ingadozások erőteljesen alakítják a gyomflórát tök-, kukorica- és gabonatermesztési rendszerekben.

Az évek közötti különbségek mellett a gyomfelvételezések időpontja is befolyásolta a gyomközösségek összetételét: a későbbi felvételezések nagyobb gyomborítást, de kisebb fajdiverzitást mutattak. Korai időszakban a kövér porcsin (*Portulaca oleracea*) és a csattanó maszlag (*Datura stramonium*), míg később a napraforgó (*Helianthus annuus*) és a fehér libatop (*Chenopodium album*) domináltak. E mintázatok az időjárási feltételekkel, a kukorica fejlődésével és a vegetációs időszak előrehaladtával magyarázhatók. Eredményeim összhangban állnak a korábbi kutatásokkal, megerősítve a szezonális gyomflórát alakító szerepét (NAGY 2017; VIDOTTO et al. 2016; PINKE et al. 2011; MARSHALL et al. 2003; FRIED et al. 2012).

A gazdálkodási tényezők hatása a gyompopulációkra kukoricában

A gazdálkodási tényezők szintén jelentős hatással voltak a kukoricatáblák gyompopulációira. A tábla mérete szintén befolyásolta a gyomfaj-összetételt. A nagyobb táblák kedveztek az árvakelésű napraforgó (*Helianthus annuus*) és az *Amaranthus blitoides* előfordulásának, míg a kisebb táblákban gyakrabban dominált a szulák (*Cirsium arvensis*), a szulák keserűfű (*Fallopia convolvulus*) és a hamvas szeder (*Rubus caesius*). A fehér libatop (*Chenopodium album*) előfordulását a tábla mérete nem befolyásolta. A kisebb táblákban általában nagyobb arányban fordulnak elő gyengén kezelt táblaszegélyek, amelyek jellemzően érzékenyebbek a gyomosodásra (FRIED et al. 2012), és ez a

gyomflórát a tábla belső részeiben is befolyásolhatja, ahogy azt jelen vizsgálat is mutatta. Ezzel szemben NAGY (2017) nem talált szignifikáns összefüggést a tábla mérete és a fajösszetétel között.

Az elővetemény nem befolyásolta szignifikánsan a gyomborítást, a fajgazdagságot vagy a diverzitást, de hatással volt a fajok dominancia-hierarchiájára: az „egyéb széles sortávú” előveteményeket követő táblák után a gyomnövényzet összetétele igazoltan változott. FRIED et al. (2008) kimutatták, hogy mind a termesztett növény típusa, mind az elővetemény elsősorban a gyomdiverzitást és a közösség szerkezetét befolyásolja. MENALLED et al. (2024) beszámoltak arról, hogy a vetésváltás hatással lehet a Shannon-diverzitásra és a talaj gyommagszámának fajgazdagságára is.

Bár táblaszinten nem rögzítettem a kijuttatott herbicideket, az előveteményekben jellemzően szulfonilureákat, imidazolinonokat (ALS-gátlók) és triketont (HPPD-gátlók) használtak. Az eltérő elővetemények így különböző herbicidekkel és gyomelnyomó hatásokkal (pl. talajborítás, verseny) formálták a következő év gyomflóráját. Korábbi vizsgálatok szerint mind az elővetemény típusa, mind a herbicidek jelentősen befolyásolják a következő évi gyomfertőzöttséget (DORAM et al. 2005). Egy jól megtervezett vetésváltás, hatékony herbicidhasználattal kombinálva jelentősen csökkentheti a gyompopulációkat (OREJA et al. 2023).

A talajművelés módja szintén hatással volt a fajgazdagságra: a mélyebb művelés nagyobb fajgazdagsággal és diverzitással járt együtt. Ez valószínűleg a nagyobb talajbolygatásnak és a jobb csírázási feltételeknek köszönhető. Más vizsgálatok arról számoltak be, hogy bár a mélylazítás általában nem befolyásolja jelentősen az egynyári gyomok sűrűségét vagy biomasszáját, csökkentheti az évelő gyomok populációit és növelheti a termés hozamot (TRUFANOV et al. 2022).

Az RDA-elemzés megerősítette, hogy a művelési módok jelentősen befolyásolják a gyomfajösszetételt. Az eltérő művelési rendszerek különböző fizikai és biológiai talajfeltételeket hoznak létre – mint a talajrétegek átrendeződése, a magbank megzavarása és a csírázási környezet módosulása –, amelyek döntő szerepet játszanak abban, hogy mely fajok tudnak megtelepedni és dominánssá válni. Számos tanulmány kimutatta, hogy a hosszú távú mélylazítás – különösen más művelési rendszerekkel kombinálva – csökkentheti az általános gyomosodást (STUPNICKA - SZYLAK 1995).

Bizonyos gyomfajok kifejezetten kedvezően reagáltak a mély talajbolygatásra. A *Xanthium strumarium*, a *Lathyrus tuberosus* és a *Cirsium arvensis* erős pozitív korrelációt mutattak a

mélylazítással, jelezve alkalmazkodóképességüket az ilyen talajszerkezethez. Hasonlóképpen, a *Datura stramonium* és a *Chenopodium polyspermum* is kedvezően reagált a mélyművelésre.

A szántásos alapművelés után felvételezett fajösszetétel részben átfedett a mélylazításával, de több faj eltérő trendet mutatott: az *Echinochloa crus-galli*, a *Persicaria lapathifolia* és az *Abutilon theophrasti* pozitívan, míg a *Xanthium strumarium* és a *Portulaca oleracea* negatívan korreláltak a szántással. Ez a fajok eltérő regenerációs képességére és bolygatottság-tűrésére utal. Korábbi vizsgálatok szerint a kétszikűek jellemzően dominálnak a szántásalapú rendszerekben (FROUD-WILLIAMS et al. 1983; BARBERI et al. 1998).

A sekélyművelés sajátos fajösszetételt eredményezett: a *Portulaca oleracea* erős pozitív kapcsolatot mutatott, így indikátorfajnak tekinthető, és a *Setaria viridis* szintén kedvezően reagált. Ezzel szemben a *Chenopodium album*, az *Ambrosia artemisiifolia* és a *Cirsium arvensis* negatívan korreláltak, jelezve a mélyebb bolygatást kedvelő jellegüket. Hasonló különbségeket mutatott ki SANTÍN-MONTANYÁ et al. (2018) is a *Portulaca oleracea* dominanciájában a forgatás nélküli és a hagyományos szántásos rendszerek között. Összességében a talajművelés jelentősen befolyásolta a gyomfaj-összetételt, de nem volt mérhető hatása a teljes gyomborításra.

A magasabb talaj-nitrogénszint a fajgazdagság csökkenésével, míg a fokozott – különösen nitrogénalapú – műtrágyázás nagyobb fajgazdagsággal és diverzitással járt, elősegítve a versenyképes fajok terjedését. A kálium és foszfor kijuttatása szintén növelte a fajgazdagságot és a gyomborítást, jelezve a tápanyagok fajspecifikus hatását a gyomközösségek összetételére.

A műtrágya-kijuttatás akkor a leghatékonyabb a kultúrnövények számára, ha a tápanyag-felszabadulás időben egybeesik a növények csúcstápanyagigényével, ellenkező esetben a trágyázás a gyomok növekedését is elősegítheti (DITOMASO 1995; LITTLE et al. 2021). A hosszú távú trágyázási kísérletek kimutatták, hogy a nitrogénben gazdag trágyázás a nitrofil kétszikű fajoknak kedvez, míg az alacsonyabb nitrogénszintek inkább az egyszikűeknek. A legmagasabb nitrogéntrágya-szintek a legkevésbé heterogén gyomközösségekkel jártak együtt (KORDBACHEH et al. 2023; SADEGHPOUR et al. 2021).

A fő makrotápanyagok (N, P, K) elérhetősége befolyásolta a gyomfajok eloszlását: a *Cirsium arvensis*, *Xanthium strumarium* és *Persicaria lapathifolia* magasabb nitrogénszintekhez, míg a *Lathyrus tuberosus* és *Echinochloa crus-galli* alacsonyabb nitrogénhez kapcsolódtak. A *Xanthium*

strumarium nagy nitrátfelvételi kapacitással és biomasszával jellemezhető (LUO et al. 2022), az *Echinocloa crus-galli* pedig nitrogénben gazdag, oxigénszegény környezetekben is rendkívül toleráns, különösen rizstermesztésben (KENNEDY et al. 1980). A *Persicaria lapathifolia* korlátozott nitrogénfelvétele viszont csekély szerepet jelez a nitrogénremediációban (WU et al. 2009).

A foszfor esetében is hasonló mintázat mutatkozott: a *Hibiscus trionum*, a *Capsella bursa-pastoris* és az *Equisetum arvense* magasabb foszorszintekhez kapcsolódtak. A foszfor kulcsszerepe a *Capsella bursa-pastoris* növekedésében és szaporodásában jól kimutatható: N- és K-ellátással kombinálva akár 16 000 magot is képes hozni növényenként, míg hiánya – főként magas N és alacsony K mellett – csökkenti a magprodukciót és a csírázási sikert (YANG 2018).

A *Helianthus annuus* és az *Abutilon theophrasti* magasabb káliumszintekhez kapcsolódtak, alátámasztva preferenciájukat a káliumban gazdag környezet iránt. Ezzel szemben a *Hibiscus trionum* és a *Persicaria lapathifolia* alacsonyabb káliumszinteken fordultak elő gyakrabban. Utóbbi faj dominanciája vizes élőhelyeken szorosan kötődött a talaj káliumtartalmához, különösen mérsékelt (50–150 mg/kg) koncentráció mellett (LI et al. 2024).

Az RDA-modell szerint a műtrágyázás (NPK) és a sekély művelés ellentétesen hatott a gyomfajösszetételre: a hosszú távú trágyázás csökkentheti a diverzitást és erősítheti a domináns fajokat (JIANG et al. 2018), míg a sekély művelés nagyobb gyomsűrűséget és változatosabb közösségeket eredményezhet (MATYUKHA - SEMENOV 2024; TÓTH et al. 2025). A felvételezés időpontja szintén befolyásolta az összetételt, ami azzal magyarázható, hogy a szezon későbbi szakaszában új fajok jelentek meg (HAZARIKA et al. 2024).

A magyarázó változók közötti összefüggések kukoricában

Az RDA vizsgálat eredményeként a leíró változók hatásai nehezen különíthetők el egymástól. A talajparaméterek (humusz, Cu, Zn) hasonló irányban befolyásolták a gyomnövényzetet, de ellentétesen a tábla méretével, feltehetően a kisebb táblák elégtelen tápanyagpótlása miatt (PINKE et al. 2013). A 2. régió szignifikánsan hozzájárult a *Portulaca oleracea* gyakoribb előfordulásához, bár a teljes modell szerint e faj jelenlétére a sekélyművelés és a felvételezés időpontja volt a fő magyarázó tényező. Összességében a környezeti és gazdálkodási paraméterek közepes vagy gyenge korrelációt mutattak a gyomborítással, fajgazdagsággal és diverzitással ($r < 0,6$). A variancia magyarázatában a

környezeti tényezők (13,37%) kissé meghaladták a gazdálkodási tényezőket (12,66%), melyek közül a talajművelés és az elővetemény bizonyultak a legfontosabbnak. Európai vizsgálatok szintén megerősítik, hogy a klimatikus és edafikus tényezők nagyobb hatással bírnak a gyomflórára, mint a földhasználat (PINKE et al. 2016; DEMOL et al. 2015; LOSOSOVA et al. 2004).

6.2. Az őszi búzában végzett vizsgálatok alapján levont következtetések és javaslatok

Búzatáblák gyomnövényzetének összetétele

Vizsgálataim kimutatták, hogy a borítási arány alapján az őszi búzatáblák három leggyakoribb gyomfaja a borostyánlevelű veronika (*Veronica hederifolia*), a tyúkhúr (*Stellaria media*) és a nagy széltippán (*Apera spica-venti*) voltak a vizsgált régiókban. A 2018 és 2019 között Magyarországon végzett VI. Országos Szántóföldi Gyomfelvételezés eredményei szerint azonban a téli búzatáblák három legfontosabb gyomnövénye a tyúkhúr (*Stellaria media*, 1,33%), a parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia*, 1,28%) és a nagy széltippán (*Apera spica-venti*, 0,93%) voltak. Az országos felvételezések során a jelen vizsgálatban legjelentősebb borostyánlevelű veronika (*Veronica hederifolia*) a borítási arány alapján a negyedik legjelentősebb gyomfajnak bizonyult (NOVÁK et al. 2022). Ugyanakkor más, a Kárpát-medencében, például a romániai Maros megyében végzett felmérésekben a gabonafélék legjelentősebb gyomnövényei a szulák (*Convolvulus arvensis*, 5,09%), a perzsa veronika (*Veronica persica*, 2,5%) és a mezei acat (*Cirsium arvense*, 1,69%) voltak (NAGY 2017).

Az általam vizsgált táblákban az átlagos teljes gyomborítás 4,3% volt. Ezt az értéket összehasonlítva az országos átlaggal, amely 16%-os teljes gyomborítást mutatott (NOVÁK et al. 2022) jelentős különbségek figyelhetők meg. Bár mindkét adat magyarországi gabonátáblákra vonatkozik, a különbség magyarázata egyrészt a két vizsgálat eltérő földrajzi elhelyezkedésében, másrészt abban rejlik, hogy az országos felmérés későbbi időpontban (május 15. és június 30. között) zajlott.

Agronómiai szempontból a 4,3%-os átlagos borítás elfogadhatónak tekinthető, mivel a gyomszabályozást általában akkor kell megkezdeni, amikor a gyomborítás mértéke közepes. Konkrétan, a kezelés indokolt lehet közepes (5–30%) vagy súlyos (30%-nál nagyobb) gyomborítás esetén (MARTIN - GREEN 2009; KOVÁCS et al. 2023). Ugyanakkor fontos megjegyezni, hogy a gyomkonkurencia megítélése függ a kultúrnövény fenológiájától, a gyomfajok sajátosságaitól és fejlődési jellegzetességeitől (FROUD-WILLIAMS 2002).

Az állandóság tekintetében a vizsgálatunkban leggyakoribbnak bizonyult öt faj 23 és 42% közötti jelenléti arányt mutatott, ami átfedést mutat más vizsgálatokkal. Az élőhely szempontjából például a Kárpát-medence keleti részén, olyan búzatáblákban, ahol nem fordult elő mezei aszat (*Cirsium arvensis*), az öt legfontosabb faj állandósága 22 és 48% között mozgott (NAGY et al. 2017). A vizsgált területeken elsősorban egyéves téli fajok voltak jelen, de előfordultak nyári egyévesek és évelők is. A gyoméletforma-csoportok összetétele összhangban áll az őszi búzában általában tapasztalható gyomosodással (SCHUMACHER et al. 2018).

A borítási százalék és az állandóság tekintetében a gyomfajok hasonló sorrendet mutattak. Ez arra utal, hogy a jelentősebb fajok előfordulása hasonló mintázatot követett a vizsgált területeken. Nem voltak olyan fajok, amelyek gyakoriak lettek volna, de alacsony borítással bírtak, és nem fordultak elő olyanok sem, amelyek ritkán jelentek meg, de nagy tömegben (magas borítással) (MUELLER et al. 1976). Ez utóbbi inkább inváziós fajok hirtelen megjelenéséhez köthető, amelyek jelentős vegetáció-átalakító hatással járhatnak (MACDOUGALL - TURKINGTON 2005).

A talajviszonyok hatása a gyompopulációkra őszi búzában

A gyomosodást befolyásoló legfontosabb környezeti tényezőként a talajparaméterek hatását is vizsgáltam. Bár a legtöbb mért paraméternek nem volt szignifikáns hatása a teljes gyomborításra, a réz és a cink jelenléte mérhető befolyást mutatott, hasonlóan DORNER et al. (2024) eredményeihez, akik a cinkkoncentráció esetében írták le ugyanezt. Ezzel szemben EL-METWALLY et al. (2015) kimutatták, hogy 3 g/l (kb. 3 mg/dm²) koncentrációjú cinkoldat permetezése szignifikánsan csökkentette a gyomosodást. A rézkoncentráció talajbeli hatásáról szintén eltérő eredmények születtek: egyes vizsgálatok nem találtak összefüggést a talaj réztartalma és a fajösszetétel vagy a borítás között (MORISHIMA – OKA 1976), míg mások csak jóval magasabb (>200 mg/kg) koncentrációknál mutattak ki összefüggést, mint amekkora a mi eseteinkben jellemző (0,5–12,5 mg/kg) volt (STRANDBERG et al. 2006). A talaj humusztartalma és a gyomosodás kapcsolatát vizsgálva, a statisztikai elemzés alapján nem volt kimutatható összefüggés. A statisztikai elemzés előtt azt vártam más tanulmányok alapján, hogy a humusztartalom változása eltérő gyomösszetételhez vezet (PINKE et al. 2018; PINKE et al. 2016). Ennek magyarázata valószínűleg a kultúrnövények sikeres kompetíciós képességével magyarázható (KRISTÓ et al. 2022).

A tápanyagok eltérő hozzáférhetősége szintén befolyásolja a gyompopulációkat (MURPHY - LEMERLE 2006), és a talajtrágyázás nagy hatással van a gyomok mennyiségére és diverzitására. A gyomdiverzitást kifejező változók esetében mérhető hatást mutattak a talajtényezők is: minél kötöttebb volt a talaj szerkezete, annál változatosabbá vált a gyomnövényzet, továbbá a talaj pH-ja és só tartalma is befolyásolta a fajdiverzitást, mivel a magasabb értékek gazdagabb fajösszetételt eredményeztek, hasonlóan LUGOWSKA et al. (2016) eredményeihez. A talaj tápanyagtartalma szintén hatással volt a fajdiverzitásra. Meglepő módon azonban sem a nitrogén, sem a foszfor nem mutatott összefüggést a fajgazdagsággal. Ez ellentétes azzal az előzetes feltételezésemmel, hogy a nitrogén pozitív kapcsolatot fog mutatni a gyomflóra gazdagságával (MURPHY - LEMERLE 2006). Ennek magyarázata ismételten a kompetícióval függhet össze: a kultúrnövények intenzív versengése

egyértelműen látható volt a felmérések során, mivel a gyomborítás százalékos értékei viszonylag alacsonyak voltak. Ugyanakkor a kálium, valamint a mikro- és mezoelemek hatással voltak a gyomnövényzet diverzitására, hasonlóan MUKTAMAR et al. (2025) megállapításaihoz.

A környezeti tényezők hatása a gyompopulációkra őszi búzában

Megvizsgáltam, hogy a környezeti és gazdálkodási tényezők miként hatnak a gyomosodásra. A gyomnövényzetet erőteljesen befolyásolta az évjárat. A teljes gyomborítás, a fajszám és a Shannon-diverzitás 2018-ban volt a legmagasabb, amit valószínűleg az adott év csapadékeloszlása magyaráz. Hasonló megfigyelést tettek más szerzők is, akik rámutattak, hogy a környezeti tényezők, különösen a csapadék, jelentős hatást gyakorolnak egy adott év gyomnövényzetére és annak diverzitására (KOVÁCS 2024). A klímahatást is érdemes kiemelni, hiszen a globális felmelegedés időjárási változásokat idéz elő, amelyek szélsőséesebb évszakokhoz vezetnek.

Az összes vizsgált leíró változó közül az évjárat (a borítás, a fajszám, a Shannon-diverzitás és a gyomösszetétel tekintetében) és a régió (a fajszám és a gyomösszetétel tekintetében) gyakorolta a legnagyobb hatást a mért paraméterekre. Az évjárat szignifikáns befolyással volt mind a gyomosodásra, mind a fajösszetételre.

Kapcsolat írható le a gyomnövények jelenléte és a csapadék között, mivel a legmagasabb borítási értékek a legcsapadékosabb évben, 2018-ban voltak megfigyelhetők. Az átlaghőmérséklet hatása azonban nem volt ennyire egyértelmű. Ez utóbbi esetben feltételezhető, hogy bár a hőmérséklet gyomnövényzetre gyakorolt hatása bizonyított, ez a hatás az én vizsgálatomban nem mutatkozott meg, feltehetően a korlátozott hőmérsékleti gradiens miatt (10,3–12,4 °C), jóllehet más vizsgálatok hasonló esetekben szignifikáns hatást találtak (CIMALOVÁ – LOSOSOVÁ 2009). A földrajzi elhelyezkedés hatásának elemzésénél fontos kiemelni, hogy amikor az adatokat négy különálló régióra bontottuk, alkalmasak voltak szignifikáns különbségek kimutatására. Ugyanakkor a földrajzi paraméterek (tengerszint feletti magasság, hosszúság és szélesség) önmagukban nem mutattak szignifikáns hatást. Ezzel szemben a talajhoz kapcsolódó változók önálló hatása csak néhány esetben jelent meg. Ebből arra következtetnek, hogy egy jól célzott osztályozás pontosabb leírást adhat, mint az egyes változók külön-külön történő értékelése (HANZLIK - GEROWITT 2011).

A Shannon-diverzitási index alacsony értéke arra utal, hogy a fajok eloszlása egyenlőtlen volt, egy vagy két faj dominanciájával. Az indexet a földrajzi szélesség is befolyásolta, ahogyan azt más szerző korábban már leírta (NAGY 2017). A két legtávolabbi helyszín közötti észak–déli távolság 145 km volt, ami arra utal, hogy a földrajzi szélesség önálló hatással bírhat, ám érdemes megvizsgálni, hogy

korrelál-e más tényezőkkel. A régió egyértelműen befolyásolta a Shannon-indexet, míg a tengerszint feletti magasság vagy a földrajzi hosszúság hatása nem volt kimutatható.

A gazdálkodási tényezők hatása a gyompopulációkra őszi búzában

Az RDA elemzés alapján a gazdálkodási változók közül a talajművelési mód gyakorolta a legnagyobb hatást (5,58%), amely több mint háromszorosa a művelési mélység hatásának (1,73%). A legmagasabb gyomborítás szántás esetén volt megfigyelhető, ezt követte a tárcsázás, a lazítás, végül pedig a sekély kultivátorozás, amely a legalacsonyabb borítási értéket mutatta. A kutatóknak érdemes nagyobb figyelmet fordítaniuk a talajművelés módjára, mint a művelés mélységére, amennyiben a cél a gyomosodás csökkentése (YENISH et al. 1992).

A vizsgálatom nem foglalta magában a domborzati kitettség azonosítását táblaszinten, bár ez a tényező szerepet játszik a táblaméretek kialakításában. Feljegyeztem a gyomfelvételezések helyszínein található táblák méretét. Eredményeim alapján a táblaméret nem korrelált a gyomborítással. Más szerzők ugyanakkor a gyomflóra diverzitásának csökkenését figyelték meg a táblaméret növekedésével (MARSHALL et al. 2003). NAGY vizsgálatában (2017) azonban a táblaméret hatása a fajösszetételre kevésbé volt szembetűnő.

Az elővetemény hatásának vizsgálatokor kizárólag a gabona elővetemény gyakorolt hatást a gyomfajok megjelenésére. Feltételezem, hogy megkezdődhetett a környezeti stabilizáció: ha ugyanazt a növényt termesztik egymást követő években, és a technológia változatlan marad - vagyis a bolygatás (technológia) és a stressz (ebben az esetben a versengő főnövény) hosszú időn keresztül állandó – ez relatív stabilitást biztosíthat a táblában jelen lévő gyomközösségeknek. Ez a stabilitás a gyomfajok diverzifikációjában is megnyilvánul, mivel a stabilabb élőhelyi spektrum (annak összes környezeti hatásával) a gyompopulációk tűrőképességi spektrumát is kiegyensúlyozottabbá teszi, és több idő áll rendelkezésre a niche-ek betöltésére. Minél több idő áll rendelkezésre a niche-ek betöltésére, annál több faj lesz jelen az adott területen. Az élőhelyi spektrum bármilyen változása (pl. más növény termesztése, más technológia alkalmazása) szintén változásokat okozna a niche-ekben: új niche-ek jönnének létre, amelyek betöltéséhez ismét időre lenne szükség. Ha egy faj niche-e megszűnik, az a faj eltűnik. STANDOVÁR - RICHARD (2001) is foglalkozott az idő rendelkezésre állása és a fajgazdagság közötti kapcsolattal, alátámasztva ezt az állítást. Ezzel szemben a gyomflóra összetételét befolyásolta a ritka és más sűrű elővetemények aránya. Fontos azonban megjegyezni, hogy mindkét statisztikai próba (Pearson-korreláció, RDA) esetében a korreláció gyenge volt: corr.

= +0,26 és +0,20, valamint 1,58 és 1,34% magyarázott variancia, ezért ezt a tényezőt nem tekinthetjük jelentős hatásúnak.

A herbicides kezelés időzítése (a gyomfelvételezés időpontja) szintén befolyásolta a gyomnövényzet összetettségét. Ennek lehetséges magyarázata, hogy a később kezelt területeken a telelő egyévesek nem tűntek el teljesen, ugyanakkor mellettük megjelentek a nyári egyévesek, sőt esetenként az évelők is. Ez a fajszám és a diverzitás növekedését eredményezte. Ennek a feltevésnek ellentmond az a tény, hogy a lefolytatott RDA szerint a herbicides kezelés időzítése nem befolyásolta a gyomnövényzet összetételét. A felvételezést a vizsgált években a kezelés előtt végeztem, így a herbicidek közvetlen hatását ebben a vizsgálatban nem lehetett mérni, de fontos kiemelni, hogy a korábbi években alkalmazott herbicidek befolyásolhatták az eredményeket.

Negatív korrelációt figyeltem meg a Shannon-index és a talajművelési mélység között, ugyanakkor a különböző művelési rendszerek hatása nem volt mérhető. A makroelemek közül a foszfor- és káliumtrágyázás negatív korrelációt mutatott, míg a nitrogénnek nem volt hatása az indexre. Ellenben más kutatások kimutatták, hogy a magas nitrogén trágyázás a gyomfajok gazdagságának (INOUE et al. 1995) és diverzitásának (KOVÁCS 2024) csökkenéséhez vezet, és az ilyen ritka fajok eltűnése jelentős tényezője a diverzitás változásának (STORKEY et al. 2010).

A magyarázó változók közötti összefüggések őszi búzában

A talaj- és gazdálkodási változók egyidejű értékelésekor figyelembe kell venni, hogy a tábla talajának jellemzői (elsősorban a szerkezete) befolyásolják a talajművelési gyakorlatot, például a vetés időzítését és minőségét, amelyek szintén hatással lehetnek a gyomnövényzet összetételére. Az RDA-ábra (20. ábra) egyidejűleg mutatja be az egyes változók hatását a gyomfajokra és más tényezőkre. A talajművelési rendszerek közül a két legsekélyebb módszer (a keverő hatású tárcsás művelés és a nem keverő sekély kultivátorozás) gyakorolta a leginkább ellentétes hatást a gyomnövényzet összetételére. Ez kiemeli azt a tényt, hogy a talajművelő eszköz típusa nagyobb hatással lehet a gyomnövényzetre, mint a művelés mélysége (CHAUHAN et al. 2006). Ugyanakkor megfigyelhető az elővetemények és a talajművelés közötti kapcsolat is, például az „egyéb sűrű elővetemény” és a sekély kultivátorozás hasonló orientációja (CARDINA et al. 2002). Fontos megjegyezni, hogy vizsgálatomban a talajművelési sebességet nem vettem figyelembe a vizsgált változók között, holott hatása a gyomnövényzetre szintén jelentős lehet (ZUBKO et al. 2021).

A legnagyobb különbség az 1. és a 4. régió között volt kimutatható. Ez összefüggésben állhat azzal a ténnyel, hogy ez a két terület fekszik egymástól a legnagyobb távolságra, és itt a legnagyobb a

tengerszint feletti magasság különbsége is. Ugyanakkor, annak ellenére, hogy a folyóhoz való közelség hasonló az 1. és a 3. régió esetében, e régiók között is jelentős eltérés tapasztalható (3. ábra). Ez azzal magyarázható, hogy a régiókra jellemző növekedési formák és fajmintázatok alapján meghatározhatók a regionális biomok, amelyek a növényzet hosszú távú adaptációját tükrözik a termőhelyi viszonyokhoz (WILLIAMS et al. 2000).

A leíró változók és a gyomfajok együttes elemzése alapján a legnagyobb egyediséget a *Stellaria media* mutatta. Ez a faj reagált a legmarkánsabban a környezeti változásokra. A *Cirsium arvense* szintén egyedi környezeti preferenciát jelzett, és megjelenése – az RDA-ábrán elfoglalt helyzete alapján – független volt a *Stellaria media* megjelenésétől. A *Capsella bursa-pastoris* hasonló módon reagált, mint a *Stellaria media*, de megjelenését kisebb mértékben befolyásolták a környezeti változások. Érdeemes megjegyezni, hogy bár az *Apera spica-venti* magas borítottsággal és állandósággal rendelkezett, mégsem szerepelt a tíz, leíró talaj-, környezeti és gazdálkodási változók által legnagyobb mértékben befolyásolt faj között. Ez azzal magyarázható, hogy ez a faj minden vizsgált területen közel azonos jelentőséggel bírt, függetlenül a környezeti változásoktól (20. ábra) (LOSOSOVA et al. 2004).

7. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

Új tudományos eredményeim értékelése során fontos leszögezni, hogy a megállapítások csak a vizsgált földrajzi régió esetében értelmezendők, amely Magyarország keleti és északkeleti térségét – Borsod-Abaúj-Zemplén, Szabolcs-Szatmár-Bereg, Hajdú-Bihar és Békés vármegyék szántóterületeit – foglalja magában.

1. Megállapítottam, hogy a vizsgált területen kukorica kultúrában a legjelentősebb gyomnövények a T₄ és G₃ életforma csoportba tartoztak, melyek borítottsági érték alapján fontossági sorrendben a következők voltak: *Echinochloa crus-galli*, *Chenopodium album*, *Portulaca oleracea*, *Hibiscus trionum*, *Xanthium strumarium*, *Panicum miliaceum*, *Cirsium arvense*, *Helianthus annuus*, *Datura stramonium*, *Amaranthus retroflexus*. Megállapítottam, hogy a vizsgált kukoricatáblákban leggyakrabban előforduló (konstancia %) gyomfajok a T₄ és G₃ életforma csoportba tartoztak, és fontossági sorrendben a következők voltak: *Echinochloa crus-galli*, *Chenopodium album*, *Portulaca oleracea*, *Hibiscus trionum*, *Helianthus annuus*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Convolvulus arvensis*, *Amaranthus retroflexus*, *Xanthium strumarium*, *Cirsium arvense*.
2. Megállapítottam, hogy a vizsgált területen őszi búzában a borítottsági érték alapján a legfontosabb gyomfajok a *Veronica hederifolia*, *Stellaria media*, *Apera spica-venti*, *Tripleurospermum inodorum*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Viola arvensis*, *Cirsium arvense*, *Lamium amplexicaule*, *Xanthium italicum*, *Helianthus annuus* voltak. A leggyakoribb fajok áttelelő egyévesek voltak, ugyanakkor nyári egyévesek is jelen voltak a táblákon. Előfordulási gyakoriság tekintetében kiemelkedett a *Stellaria media*, *Veronica hederifolia*, *Tripleurospermum inodorum*, *Apera spica-venti*, *Helianthus annuus*, *Cirsium arvense*, *Chenopodium album*, *Capsella bursa-pastoris*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Lamium amplexicaule*.
3. Megállapítottam, hogy a C₄ fotoszintézist alkalmazó gyomfajok – mint az *Echinochloa crus-galli*, a *Chenopodium album* (C₃–C₄ átmeneti típus), az *Amaranthus retroflexus* valamint a *Portulaca oleracea* – különösen jelentősnek bizonyultak mind a borítottság, mind az állandóság tekintetében kukorica kultúrában a vizsgált helyszíneken.
4. Megállapítottam, hogy mindkét kultúra esetében a talajtani változók a gyomfajok számára voltak a legnagyobb hatással. Kisebb mértékben befolyásolták a Shannon-diverzitást és a gyomborítás mértékét. A gyomfaj-összetételre kukorica esetében a talaj humusz és cink

tartalmának, őszi búza esetében a nitrogén és a magnézium tartalmának volt a legnagyobb hatása.

5. A környezeti változók közül mind kukorica, mind őszi búza kultúrában kimutattam, hogy a gyomosodásra a régiók elhelyezkedésének nagyobb hatása volt, mint az évjáratnak.
6. Kukorica esetében megállapítottam, hogy a gazdálkodási változók közül a talajművelés módja és a műtrágya használat fejtette ki a legnagyobb hatást a gyomnövényzetre. Ezzel szemben őszi búza esetében a gazdálkodási változók közül az elővetemény, a talajművelés módja és a műtrágyahasználat hatása kiemelkedő a gyomnövényzetre.
7. Megállapítottam, hogy kukorica esetében jelentős indikátor faj volt a *Chenopodium album*, az *Amaranthus retroflexus* és a *Polygonum aviculare*, melyek borítása a humusztartalom növekedésével emelkedett. A talaj magas cinktartalma kedvez a *Chenopodium album*, a *Convolvulus arvensis* és az *Aristolochia clematitis* megjelenésének. A *Convolvulus arvensis*, a *Xanthium italicum* és a *Persicaria lapathifolia* gyakrabban fordult elő intenzív nitrogéntrágyázás mellett. A mélylazítás növelte a *Xanthium strumarium*, a *Lathyrus tuberosus* és a *Cirsium arvense* előfordulását. A szántás kedvezett az *Echinochloa crus-galli*, a *Persicaria lapathifolia* és az *Abutilon theophrasti* megjelenésének. Sekélyművelés esetén a *Portulaca oleracea* és a *Setaria viridis* voltak a domináns fajok. A szántásos művelésre a *Portulaca oleracea* és a *X. strumarium* negatívan reagál.
8. Őszi búza esetében megállapítottam, hogy indikátor fajok a *Veronica hederifolia* és a *Fumaria schleicheri*, melyek borítása a talaj nitrogén tartalmának növekedésével együtt emelkedett. A *Stellaria media* előfordulása a talaj kálium- és magnézium tartalmának hatására változott. A mélylazításos művelésre a *Veronica hederifolia* és a *Fallopia convolvulus* volt jellemző, a tárcsázásra a *Tripleurospermum inodorum* és a *Xanthium italicum*, a szántásra az *Stellaria media* és a *Viola arvensis*, míg a sekély kultivátorozásnál a *Chenopodium album* és a *Consolida spp.* dominált.

8. ÖSSZEFOGLALÁS

Kutatásom célja kukorica és őszi búza kultúrák gyomnövényzetének átfogó vizsgálata volt, figyelembe véve a gyomflóra változásait előidéző faktorokat. A terepi munkát 2018 és 2021 között végeztem, Kelet-Magyarországon. A négy év alatt összesen 90 kukorica és 103 őszi búza táblán vizsgáltam a gyomviszonyokat közvetlenül a gazdálkodók által elvégzett herbicides kezelések előtt. A gyomfelvételezések során időpontonként, táblánként nyolc darab véletlenszerűen elhelyezett mintaterületet vizsgáltam. A mintaterületek felvételezési pontonként 1 m² területűek voltak. A mintaterületek, majd táblák értékelése a jelenlévő gyomnövények fajszáma, illetve borítási értékei alapján történt. A gyomfelvételezett táblák talajtani, környezeti és gazdálkodási adottságaira vonatkozó adatokat összegyűjtöttem, rendszereztem, majd a gyomfelvételezések eredményeit kultúránként és táblánként összesítettem. Ezt követően statisztikai elemzést végeztem annak feltárására, hogy a különböző leíró változók milyen mértékben és módon befolyásolják a gyomosodás mértékét, valamint a gyomnövényzet fajösszetételét.

A vizsgálat helyszínét adó régiók talajadottságai rendkívüli változatosságot mutatnak: a jó vízgazdálkodású, mély termőrétegű csernozjom talajoktól egészen a szélsőséges adottságú, réti öntés-, kötött agyagos- és szikesedő talajokig számos típus fordul elő. Az évjáráthatás következtében a gyomflóra összetétele évről évre ingadozást mutatnak, amely mind az eltérő adottságú területek, mind az egyes kultúrnövények esetében megfigyelhető. A környezeti tényezők hatásai mellett a régióra, illetve az adott talajtípusokra jellemző gyomfajok felszaporodása is kimutatható. A vizsgálatok eredményei egyértelműen alátámasztják, hogy a gyomflóra összetételét elsősorban a helyspecifikus környezeti tényezők alakítják. Kiemelt jelentőséggel bírnak a mikroklimatikus viszonyok, valamint a talajművelési eljárások.

A kukoricatáblákban az átlagos gyomborítottság 9,7% volt, a négy év alatt összesen 51 gyomfajt azonosítottam. A legmagasabb borítottsági értéket az *Echinochloa crus-galli* (2,0%), a *Chenopodium album* (1,4%), a *Portulaca oleracea* (0,9%) és a *Hibiscus trionum* (0,8%) mutatta. A felmért gyomfajok többsége kétszikű volt, míg egyszikű fajok csak kis számban fordultak elő. Életforma szerinti besorolás alapján a fajok többsége nyári egyéves (T₄) volt, de azonosítottam téli egyéveseket (például *Capsella bursa-pastoris*, T₁) és évelőket (például *Cirsium arvense*, *Convolvulus arvensis*, mindkettő G₃) is.

A vizsgált búzatáblákban az átlagos gyomborítottság 4,3 % volt; ugyanakkor az egyes táblák gyomosodásának mértéke jelentős változatosságot mutatott. A vizsgált búzatáblákban összesen 47 gyomfajt azonosítottam, melyek közül átlagosan a legnagyobb borításúaka *Veronica hederifolia*, a *Stellaria media* és az *Apera spica-venti* voltak. A leggyakoribb fajok áttelelő egyévesek (T₁, T₂)

voltak, ugyanakkor nyári egyévesek (T_4) is jelen voltak a táblákon. Emellett geofita élő gyomnövényeket is találtam, mint például a *Cirsium arvense* (G_3).

Megállapítottam, hogy a vizsgált területen kukorica kultúrában a legjelentősebb gyomnövények a T_4 és G_3 , őszi búzában T_2 , T_4 és G_1 életforma csoportba tartoztak. Megállapítottam, hogy kukoricában a C4 fotoszintézist alkalmazó gyomfajok különösen jelentősnek bizonyultak mind a borítottság, mind az állandóság tekintetében.

Kukoricában a régió, az évjárat és a talajművelés módja volt a legjelentősebb a gyomfaj-összetételre, őszi búzában a táblák talajtulajdonságai (N- és Mg-tartalom), elhelyezkedésük (régió) és a szezonális (évjárat) hatása volt a legjelentősebb.

Megállapítottam, hogy kukoricában a Shannon-diverzitásra a talajtani tényezők közül a talaj textúrája, pH-értéke, nitrogén és magnézium tartalma volt hatással. A gyomfajok számát befolyásolta a talaj pH értéke és textúrája, humusztartalma, nitrogén, kén, réz, cink és nátrium tartalma. A mangántartalom pozitív összefüggést mutatott a teljes gyomborítottsággal. A környezeti tényezők közül a gyomborítottságot a tengerszint feletti magasság és a régiók elhelyezkedése befolyásolta. Éven belül a későbbi gyomfelmérések magasabb teljes gyomborítottságot, de alacsonyabb Shannon-diverzitási értékeket mutattak. A fajgazdagságra a földrajzi hosszúság és a régiók elhelyezkedése hatottak. A gazdálkodási tényezők közül a talajművelés módja hatással volt a fajgazdagság és gyomdiverzitás alakulására. A műtrágyázás szintén befolyásolta a gyomflóra alakulását, a nitrogén trágyázás a fajgazdagságra és a diverzitásra, a foszfortrágyázás a gyomborítottságra és a fajszáma, a káliumtrágyázás a gyomborítottságra és a fajgazdagságra volt befolyással.

Megállapítottam, hogy a vizsgált őszi búza táblákban a talajtani változók közül a talaj réz (Cu) és a cink (Zn) tartalom növekedése hatással volt a gyomborítottság növekedésére. A talaj kötöttsége hatott a fajgazdagságra és a Shannon-diverzitás indexre. A fajgazdagságot a talaj pH értéke és a sótartalma befolyásolták. Emellett a fajgazdagságra a talaj mésztartalma, K, Na, Mg, S, Cu és Zn tartalma hatottak. A Shannon-diverzitást a talaj K Na, Mg, S és Zn tartalma befolyásolták. A környezeti változók közül a fajgazdagságot befolyásolta a tengerszint feletti magasság, a földrajzi szélesség és hosszúság is. A Shannon-diverzitásra a földrajzi szélesség volt hatással. Az összes gyomborítás mértékét az évjárat befolyásolta, a legmagasabb gyomfertőzöttség 2018-ban volt. A gazdálkodási változók közül a későbbi időpontban végzett felmérések magasabb fajgazdagságot eredményeztek. A gabona elővetemény és a talajművelés módja és mélysége befolyásolták a fajszaot. Az összes vizsgált műtrágya (N, P és K) negatív hatást gyakorolt a fajszaóra, a foszfor- és a káliumműtrágya mennyisége korrelációt mutatott a Shannon-diverzitási indexszel.

Vizsgálataim alátámasztják, hogy eltérő gazdálkodási körülmények hatásaként eltérő gyomnövényzet alakul ki az érintett területeken. Az eltéréseket mindkét vizsgált kultúra esetében statisztikai

próbákkal is alátámasztottam. Fontos megállapítás, hogy a gyomflóra mennyiségi és minőségi jellemzőire leginkább két tényező hat – a régió és az évjárat –, amelyek a gazdálkodók számára nem befolyásolhatók. Eredményeim arra utalnak, hogy az eltérő művelési rendszerek sajátos gyomközösségek kialakulásához vezetnek, továbbá bizonyos gyomfajok indikátorszerepet tölthetnek be, és bioindikátorként is alkalmazhatók az adott termesztési feltételek jellemzésére.

9. SUMMARY

The aim of my research was to conduct a comprehensive survey of the weed vegetation in maize and winter wheat crops, taking into account the factors that induce changes in weed flora. Fieldwork was carried out between 2018 and 2021 in Eastern Hungary. Over the four years, I investigated weed conditions in a total of 90 maize fields and 103 winter wheat fields immediately before herbicide applications. During weed surveys, eight randomly placed sample plots were examined per field and per survey date. Each sample plot had an area of 1 m². The evaluation of the sample plots and subsequently the fields was based on the species number and cover values of the weeds present.

Data on the soil, environmental, and management characteristics of the surveyed fields were collected and systematized, and the results of the weed surveys were aggregated by crops, production systems, and fields. Subsequently, statistical analyses were performed to reveal the extent and manner in which the different descriptive variables influenced both the degree of weed infestation and the composition of the weed flora.

The soils of the study regions were highly diverse, ranging from well-structured chernozems with deep fertile topsoils and good water management capacity to extreme soil types such as alluvial meadow soils, heavy clay soils, and saline-prone soils. Due to annual variation effects, the composition of the weed flora fluctuates from year to year, which was observable both in areas with different soil conditions and in the individual crop stands. In addition to the effects of environmental factors, the proliferation of weed species characteristic of the region and of specific soil types could also be detected. The results clearly support that the composition of the weed flora is primarily determined by site-specific environmental conditions. Microclimatic factors, soil cultivation practices, and weed control methods proved to be of particular importance.

In maize fields, the average weed cover was 9.7%, and a total of 51 weed species were identified over the four years. The highest cover values were recorded for *Echinochloa crus-galli* (2.0%), *Chenopodium album* (1.4%), *Portulaca oleracea* (0.9%), and *Hibiscus trionum* (0.8%). Most of the surveyed weeds were dicotyledonous species, while monocots occurred in much lower numbers. Based on life-form classification, the majority of species were summer annuals, although winter annuals (e.g., *Capsella bursa-pastoris*) and perennials (e.g., *Cirsium arvense*, *Convolvulus arvensis*) were also recorded.

In the winter wheat fields, the average weed cover was 5%; however, the degree of infestation varied greatly between fields. In total, 47 weed species were identified in the wheat stands, with the three most dominant species on average being *Veronica hederifolia*, *Stellaria media*, and *Apera spica-*

venti. The most common species were winter annuals, although summer annuals were also present in the fields. In addition, perennial weeds were also found, such as *Cirsium arvense*.

I established that in the examined area, the most important weeds in maize belonged to life-form groups T_4 and G_3 , whereas in winter wheat the dominant life-form groups were T_2 , T_4 , and G_1 . Furthermore, in maize, weed species with C4 photosynthesis proved particularly significant in terms of both cover and constancy.

In maize fields, the most significant factors influencing species composition were the region, the year, and the type of tillage. In winter wheat, the key factors were soil properties (N and Mg content), field location (region), and seasonality (year).

I found that in maize the Shannon diversity index was affected by soil texture, pH, and nitrogen and magnesium content. Weed species number was influenced by soil pH, texture, humus content, and the concentrations of nitrogen, sulfur, copper, zinc, and sodium. Manganese content showed a positive correlation with total weed cover. Among environmental factors, weed cover was influenced by altitude and the geographical location of the regions. Within a growing season, later surveys showed higher total weed cover but lower Shannon diversity values. Species richness was affected by longitude and the regional location of the fields. Among management factors, tillage type influenced both species richness and weed diversity. Fertilization also shaped weed flora: nitrogen fertilization affected species richness and diversity, phosphorus fertilization influenced weed cover and species number, while potassium fertilization had an impact on weed cover and species richness. In winter wheat fields, I found that among soil variables, increasing soil copper (Cu) and zinc (Zn) content was associated with higher weed cover. Soil texture influenced species richness and the Shannon diversity index. Species richness was also affected by soil pH and salinity. Moreover, soil lime content, K, Na, Mg, S, Cu, and Zn concentrations influenced species richness, while Shannon diversity was affected by soil K, Na, Mg, S, and Zn contents. Among environmental variables, species richness was influenced by altitude, as well as geographical latitude and longitude. Shannon diversity was primarily affected by latitude. The overall degree of weed infestation was determined by the year, with the highest weed density recorded in 2018. Among management variables, later survey dates resulted in higher species richness. The preceding crop (cereal), as well as the type and depth of tillage, also influenced species number. All fertilizers examined (N, P, and K) exerted a negative effect on species number; phosphorus and potassium fertilization also correlated with the Shannon diversity index.

My investigations support the conclusion that under differing management conditions, distinct weed communities develop in the studied areas. These differences were statistically confirmed in both crop

types examined. An important finding is that the quantitative and qualitative characteristics of the weed flora are primarily influenced by two factors – region and year – which cannot be controlled by farmers. My results suggest that different cultivation systems lead to the establishment of characteristic weed communities, and that certain weed species may serve as indicators and can be applied as *bioindicators* for the characterization of specific cropping conditions.

10. MELLÉKLETEK

10.1. Irodalomjegyzék

1. Ábrahám R., Érsek T., Kuruli G., Németh L. (2011): Növényvédelem. Nyugat Magyarországi Egyetem, Mosonmagyaróvár, 188 p.
2. Abuhadra, M., Essokne, R., Mahklouf, M. (2016): A New Record *Amaranthus blitoides* S. Watson. (Amaranthaceae) For the flora of Libya, *American Journal of Life Science Researches* 4, 89-91. p. DOI:10.21859/ajlsr-040304
3. Adeux, G., Vieren, E., Carlesi, S., Bárberi, P., Munier-Joalin, N., Cordeau, S. (2019): Mitigating crop yield losses through weed diversity. *Nat Sustain* 2, 1018–1026. p. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0415-y>
4. Agrárközgazdasági Intézet Statisztikai Jelentések Növényvédő szerek értékesítése 2024. év – XXIV.évfolyam 1. szám, 2025
5. Akbarimoghaddam, H., Galavi, M., Ghanbari, A., Panjehkeh, N. (2011): Salinity effects on seed germination and seedling growth of bread wheat cultivars. *Trakia Journal of Sciences* 9, 43-50. p.
6. Aldrich, R.J. (1984): Weed-Crop Ecology. Principles in Weed Management. Breton Publishers, North Scituate, Massachusetts, 465 p.
7. Andersson, T. N., Milberg, R. (1996): Weed performance in crop rotations with and without leys and at different nitrogen levels. *Ann. Appl. Biol.* 128, 505-518. p.
8. Andersson, T.N., Milberg, P. (1998): Weed flora and the relative importance of site, crop, crop rotation, and nitrogen. *Weed Science* 46, 30–38. p. <https://doi.org/10.1017/S0043174500090135>.
9. Antal, J. (2005): Növénytermesztéstan 1. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 342 p.
10. Arbhri, B., Silvestri, N., Bonari, F. (1997): Weed communities of winter wheat as influenced by input level and rotation. *Weed Res.* 37, 301-313. p.
11. Babst-Kostecka, A., Cornu, J., Pošćić, F., Mattiello, A., Novello, N. (2023): Copper accumulation in five weed species commonly found in the understory vegetation of Mediterranean vineyards. *Environmental pollution*, 329, 121675. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121675>.
12. Bano A., Fatima M. (2009): Salt tolerance in *Zea mays* (L.) following inoculation with *Rhizobium* and *Pseudomonas*. *Biol. Fertility Soils.* 45, 405–413. p.
13. Bàrberi, P., Cozzani, A., Macchia, M., Bonari, E. (1998): Size and composition of the weed seedbank under different management systems for continuous maize cropping. *Weed Res.* 38, 319-334. p.
14. Barzman, M., Bàrberi, P., Birch, A.N.E. et al. (2015): Eight principles of integrated pest management. *Agron. Sustain. Dev.* 35, 1199–1215. p. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0327-9>
15. Bernardo, E.L., Sales, C.R.G., Cubas, L.A., Vath, R.L., Kromdijk, J. (2023): A comparison of stomatal conductance responses to blue and red light between C3 and C4 photosynthetic species in three phylogenetically-controlled experiments. *Front. Plant Sci.* 14, 1253976. doi: 10.3389/fpls.2023.1253976
16. Berzsenyi, Z. (2000): Gyomszabályozási stratégiák a fenntartható növénytermelésben. *Magyar Gyomkutatás és Technológia* 1 (1) 3-21. p.

17. Borcard, D., Gillet, F., Legendre, P. (2011): *Numerical Ecology with R*; Springer: New York, NY, USA, 34–50. p.
18. Borhi, A., Zalai, M. (2023): A drónok mezőgazdasági használata. A szabályozási környezet áttekintése hazai és Európai Unió jogszabályok alapján. *Magyar Gyomkutatás és Technológia*, 24 (2): 3-17.
19. Borhidi, A. (1993): Social Behavior Types of the Hungarian Flora, Its Naturalness and Relative Ecological Indicator Values; Janus Pannonius University: Pécs, Hungary, 37 p.
20. Brückner, D. (1998): A parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia* L.) allelopátiás hatása a kultúrnövények csírázására. *Növénytermelés* 47. 635–644. p.
21. Brückner, D., Szabó, L. (2001): Az allelopátia modern értelmezése. *Kitaibelia* 6. 93–106. p.
22. Buhler, D.D. (1995): Influence of tillage systems on weed population dynamics and management in corn and soybean in the Central USA. *Crop Sci.* 35, 1247-1258. p.
23. Buhler, D.D.; Hatfield, J.L.; Stewart, B.A. (1998): Tillage systems and weed population dynamics and management. *Integrated Weed and Soil Management*; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 223–246. p.
24. Buhler, D.D., Oplinger, E.S. (1990): Influence of tillage systems on annual weed densities and control in solid-seeded soybean (*Glycine max*). *Weed Sci.* 38, 158–165. p.
25. Cardina, J., Herms, C.P., Doohan, D.J. (2002): Crop rotation and tillage system effects on weed seedbanks. *Weed Science* 50, 448–460. p.
26. Chambers, J.M., Freeny, A., Heiberger, R.M. (1992): Analysis of variance, designed experiments. In *Statistical Models in S*, 1st ed.; Chambers, J.M., Hastie, T.J., Eds.; Wadsworth & Brooks/Cole: Pacific Grove, CA, USA, 145–194. p.
27. Chauhan, B.S., Gill, G.S., Preston, C. (2006): Tillage system effects on weed ecology, herbicide activity and persistence: A review. *Aust. J. Exp. Agric.* 46, 1557–1570. p.
28. Chauhan, B.S., Kaur, P., Mahajan, G., Randhawa, R.K., Singh, H., Kang, M.S. (2014): Global warming and its possible impact on agriculture in India. *Adv. Agron.* 123, 65–121. p. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-420225-2.00002-9>.
29. Cimalová, Š., Lososová, Z. (2009): Arable weed vegetation of the northeastern part of the Czech Republic: Effects of environmental factors on species composition. *Plant Ecol.* 203, 45–57. p.
30. Citterio, S., Gentili, R., Montagnani, C., Smith, M. (2017): The Worldwide Spread, Success, and Impact of Ragweed (*Ambrosia* spp.). *Critical Reviews in Plant Sciences*, 36, 139-178. p. <https://doi.org/10.1080/07352689.2017.1360112>
31. Clements, D.R., Benott, D.L., Murphy, S.D., Swanton, C.J. (1996): Tillage effects on weed seed return and seedbank composition. *Weed Sci.* 44, 314-322. p.
32. Clements, E.E. (1907): *Plant Physiology and Ecology*. H. Hott and Co. N.Y. 251-269. p.
33. Csorba, P. (2021): Magyarország kistájai, 1. kiadás; Meridián Táj- és Környezetföldrajzi Alapítvány, Debrecen 416 p.
34. Đalović, I., Božić, D., Saulić, M., Oveisi, M., Vrbničanin, S. (2024): Soil weed seed bank in the function of biodiversity. *Acta herbologica* 1-9. p. <https://doi.org/10.5937/33ah-54792>.
35. de Mol, F., von Redwicz, C., Gerowitt, B. (2015): Weed species composition of maize fields in Germany is influenced by site and crop sequence. *Weed Research* 55, 574-585. p. <https://doi.org/10.1111/wre.12169>

36. Desserud, P., Hugenholtz, C. (2015): Do Three Invasive Species: *Amaranthus blitoides*, *Descurainia sophia* and *Bassia scoparia*, Respond to Soil Properties? *Ecological Restoration*, 33, 127 - 130. p. <https://doi.org/10.3368/ER.33.2.127>.
37. Directive (EU) 2009/128 of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 concerning the sustainable use of pesticides, *Official Journal of the European Union* L 309 (2009). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX:32009L0128>
38. DiTomaso, J. M. (1995): Approaches for Improving Crop Competitiveness through the Manipulation of Fertilization Strategies. *Weed Science* 43, 491–497. p. <https://doi.org/10.1017/S0043174500081522>.
39. Djalovic, I., Prasad, PVV., Dunderski, D., Katanski, S., Latković, D., Kolarić, L. (2024): Optimal Plant Density Is Key for Maximizing Maize Yield in Calcareous Soil of the South Pannonian Basin. *Plants* 13(13):1799. doi: 10.3390/plants13131799. PMID: 38999640; PMCID: PMC11244450.
40. Dóka, L.F., Szabó, A., Vad, A. (2024): A talajok vízháztartása és a talajművelés kapcsolata 3. rész *Agrárágazat*, 2024/9. <https://agraragazat.hu/hir/agrar-talajok-vizhaztartasa-talajmuveles-kapcsolata-3-mezogazdasag/> Lekérdezés időpontja: 2025.11.15.
41. Doram, R., Moyer, J., Huang, H., Entz, T., Blackshaw, R. (2005): Effect of previous crop and herbicides on weed growth and wheat yield. *Canadian Journal of Plant Science* 85, 735-746. p. <https://doi.org/10.4141/P04-170>.
42. Dorner, Z., Kovács, E.B., Iványi, D., Zalai, M. (2024): How the Management and Environmental Conditions Affect the Weed Vegetation in Canary Grass (*Phalaris canariensis* L.) Fields. *Agronomy* 14, 1169.
43. Dudić, M., Begović, R., Meseldžija, M., Vranešević, M. (2025): Weed flora composition in exceptionally hot and dry years. In: *12th Jeep International Scientific Agribusiness Conference – MAK 2025*. Kopaonik, Serbia, 30.01 – 02.02.2025. DOI: 10.46793/MAK2025.263M
44. Ellenberg, H. (1974): *Zeigerwerte der Gefäßspflanzen Mitteleuropas*. Scripta Geobotanica 9, 97. <https://doi.org/10.1007/BF02853313>
45. El-Metwally, I.M., Abd El-Salam, M.S., Osama, A.M.A. (2015): Effect of Zinc Application and Weed Control on Wheat Yield and Its Associated Weeds Grown in Zinc-Deficient Soil. *Int. J. ChemTech Res.* 8, 1588–1600. p.
46. Enzsőlné, Gerencsér, E.; Lantos, Z.; Varga-Haszonits, Z.; Varga, Z. (2011): Determination of winter barley yield by the aim of multiplicative successive approximation. *Időjárás* 115, 167–178. p.
47. EPPO Global Database, <https://gd.eppo.int/> Lekérdezés időpontja: 2025.02.14
48. European Environment Agency (2018) <https://www.eea.europa.eu/hu/jelzesek/jelzesek-2018/cikkek/valtozo-etrendek-valtozotajak-2013> Lekérdezés időpontja: 2025.06.23.
49. Fahrig, L., Girard, J., Duro, D., Pasher, J., Smith, A., Javorek, S., King, D., Freemark, L. K., Mitchell, S., Tischendorf, L. (2015): Farmlands with smaller crop fields have higher within-field biodiversity. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 200, 219-234. p.
50. Fang, H., Xu, G., Xue, X., Niu, M., Qiao, L. (2023): Study of Mechanical-Chemical Synergistic Weeding on Characterization of Weed–Soil Complex and Weed Control Efficacy. *Sustainability* 15, 665. <https://doi.org/10.3390/su15010665>

51. FAOSTAT adatbázis <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> Lekérdezés időpontja: 2025.07.19
52. Fischl, G., Béres, I., Mikulás, J. (2002): Biológiai védekezés lehetőségei a gyomnövények ellen. (Biológiai gyomirtás – biológiai gyomszabályozás). *Magyar Gyomkutatás és Technológia* 3. 3–12. p.
53. Flessner, M., Burke, I., Dille, J., Everman, W., VanGessel, M., Tidemann, B., Manuchehri, M., Soltani, N., & Sikkema, P. (2021): Potential wheat yield loss due to weeds in the United States and Canada. *Weed Technology* 35, 916 - 923. p. <https://doi.org/10.1017/wet.2021.78>.
54. Flowers, JT., Comer, D. (2015): Plant salt tolerance: adaptations in halophytes. *Annals of Botany*, 3, 327-331. p.
55. FMC Agro BBCH skála. <https://www.fmcagro.hu/Cheminova/web.nsf/Pub/ZIJB3I.html> Lekérdezés időpontja: 2025.08.12.
56. Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium (2010): 43/2010. (IV. 23.) FVM rendelet a növényvédelmi tevékenységről. <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1000043.fvm> Lekérdezés időpontja: 2025.11.09.
57. Forcella, F., Wilson, R.G., Renner, K.A., Dekker, J., Harvey, R.G., Alm, D.A., Buhler, D.D., Cardina, J. (1992): Weed seedbanks of the U.S. corn belt: magnitude, variation, emergence, and application. *Weed Sci.* 40, 636-644. p.
58. Fox, J. (2016): Applied Regression Analysis and Generalized Linear Models, 3rd ed.; Sage Publications: Thousand Oaks, CA, USA, 342–358. p.
59. Fried, G., Kazakou, E., Gaba, S. (2012): Trajectories of weed communities explained by traits associated with species response to management practices. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 158, 147-155. p.
60. Fried, G., Norton, L. R., Reboud, X. (2008): Environmental and management factors determining weed species composition and diversity in France. *Agriculture Ecosystems and Environment* 128, 68-76. p. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.05.003>
61. Fried, G., Petit, S., Reboud, X. (2010): A specialist-generalist classification of the arable flora and its response to changes in agricultural practices. *BMC Ecol.* 10, 20. <https://doi.org/10.1186/1472-6785-10-20>.
62. Froud-Williams, R.J., Drennan, D.S.H., Chancellor, R.J. (1983): Influence of cultivation regime on weed floras of arable cropping systems. *J. Appl. Ecol.* 20, 187-197. p.
63. Froud-Williams, R.J. (2002): Weed Management Handbook, 9th ed. Blackwell: Malden, MA, USA, 16–38. p.
64. Ghasemi-Fasaei, R., Mansoorpoor, Y. (2015): Metal micronutrients relationships in crop, soil, and common weeds of two maize (*Zea mays* L.) fields. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 61, 1733 - 1741. p. <https://doi.org/10.1080/03650340.2015.1030612>
65. Gracza, L., Gyulai, B., Novák, R., Szabó, L., Simon, J., Lang, B., Doma, Cs., Nagy, M., Kovács, A., Grünwaldné Almási, A. (2015): Egyes szulfonil-karbamidokkal szemben rezisztencia gyanús fenyércirok (*Sorghum halepense* L.) populációk vizsgálata Magyarországon. *Magyar Gyomkutatás és Technológia* 16, 76–78. p.
66. Györfly, B. (1976): A kukorica termésére ható növénytermesztési tényezők értékelése. *Agrártudományi Közlemény* 35. 234-266. p.

67. Hallgren, E., Palmer, M.W., Milberg, P. (1999): Data diving with cross-validation: an investigation of broad-scale gradients in Swedish weed communities. *J.Ecol.* 87, 1037–1051. p.
68. Hámos L. (1994): Miért posztemergensen? Változó szemlélet a kukorica gyomirtásban. *Agrofórum*, 5 (6), 17-27. p.
69. Hanzlik, K., Gerowitt, B. (2011): The importance of climate, site and management on weed vegetation in oilseed rape in Germany. *Agric. Ecosyst. Environ.* 141, 323–331. p.
70. Harsányi, M. (2024): Nem várhatnak tovább a kukorica aratásával, milliárdokban mérik a kárt. *SONLINE.hu* <https://www.sonline.hu/helyi-gazdasag/2024/09/kukorica-aratas-somogy-2024> Lekérdezés időpontja: 2025.08.27.
71. Hazarika, J.R., Deka, A.M., Borah, B., Gogoi, B., Gogoi A, Kalita, B., Bordoloi, P.K., Deva Nath, H. (2024): Weed flora shift as affected by cropping systems. *Int J Res Agron* 7, 415-420. p. DOI: 10.33545/2618060X.2024.v7.i8Sf.1285
72. Hoitnik H.A.J., Boehm, N. J. (1999): Biocontrol within the context of soil microbial communities: a substrate – depend phenomeon. *Annual Reviews Phytopatology* 37, 427-446. p.
73. Holzner, W. (1971): Niederösterreichs Ackervegetation als Umweltzeiger. *Die Bodenkultur* 22. 397-414. p.
74. Holm, L., Pancho, I.V., Herberger, I.P., Plucknett, D.L. (1977): The World's Worst Weeds. Distribution and Biology. Univ. Press, Hawaii, 609 p.
75. Hornyák, A. (2009): A kukorica vegyszeres gyomszabályozása. *Agroinform* 4. 31-35. p.
76. NÉBIH Növényvédő szerek adatbázisa
<https://novenyvedoszer.nebih.gov.hu/Engedelykereso/kereso> Lekérdezés időpontja: 2025.07.14.
77. HungaroMet Meteorological Data Archive: historical data of automatic meteorological stations. Available online:
https://odp.met.hu/climate/observations_hungary/monthly/historical/ Lekérdezés időpontja: 2025.07.05.
78. Hunyadi K. (1974): Vegyszeres gyomirtás. Egyetemi jegyzet, Keszthely, 200 p.
79. Hunyadi K. (1993): Gyom-küszöbérték (Thresholds) fogalmak és alkalmazási lehetőségük a gyomszabályozásban. 39. *Növényvédelmi Tudományos Napok*, Budapest, 1993, 146 p.
80. Hunyadi, K., Béres, I., Kazinczi, G. (2000): Gyomnövények, gyomirtás, gyombiológia. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 630 p.
81. Inouye, R.S., Tilman, D. (1995): Convergence and divergence of old-field vegetation after 11 yr of nitrogen addition. *Ecology* 76, 1872-1887. p.
82. Ivány, K., Kismányoky, T., Ragasits, I. (1994): Növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó Budapest 3. kiadás 373 p.
83. James, T.K., Merfield, C.N. (2023): Weed and soil management: A balancing act. *Encyclopedia of Soils in the Environment* 3, 439-449. p.
84. Jensen, P.K., Bibard, V., Czembor, E., Dumitru, S., Foucart, G., Froud-Williams, R.J., Jensen, J.E., Saavedra, M., Sattin, M., Soukup, J. (2011): Survey of Weeds in Maize Crops in Europe. Department of Integrated Pest Management, Aarhus University: Aarhus, Denmark, 7-49. p.

85. Jiang, M., Liu, T., Huang, Shen, X., Shen, M., Dai, Q. (2018): Effect of long-term fertilisation on the weed community of a winter wheat field. *Sci Rep.* 8, 4017. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22389-4>
86. Jordan, N., Mortensen, D.A., Prenzlow, M., Cox, K.C. (1995): Simulation analyses of crop rotation effects on weed seedbanks. *Am. J. Bot.* 82, 390-398. p.
87. Kauppila, R. (1990): Conventional and organic cropping systems at Suitia. IV: weeds. *Agricultural and Food Science* 62, 331-337. p.
88. Kazinczi, G. (2000): A gyomnövények és a kultúr növények versengése (kompetíció). In: Hunyadi, K., Béres, I., Kazinczi, G. (szerk.): *Gyomnövények, gyomirtás, gyombiológia*. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 286–301. p.
89. Keeley, P.E., Thullen, R.J. (1989): Influence of planting date on growth of Barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). *Weed Sci.* 37, 557-561. p.
90. Kelemen, Zs. (2024): Magágykészítés tavaszi vetésű növények alá. *MezőHír*, 2024/3 <https://mezohir.hu/2024/03/30/agrar-magagykeszites-kultivator-borona-mezogazdasag/> Lekérdezés időpontja: 2025.02.28.
91. Kennedy, R., Zee, D., Rumpho, M., Barrett, S. (1980): Germination and seedling growth under anaerobic conditions in *Echinochloa crus-galli* (barnyard grass). *Plant Cell and Environment* 3, 243-248. p. <https://doi.org/10.1111/1365-3040.EP11581818>
92. Keselman, H. J.; Rogan, J. C. (1977): The Tukey multiple comparison test: 1953–1976. *Psychological Bulletin*, 84, 1050–1056. p. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.84.5.1050>
93. Kismányoky, A. (2010): Effect of Agrotechnical Factors to Crop Plants and Weeds. Doktori (PhD) disszertáció, Pannon Egyetem, Keszthely, 2010. http://konyvtar.uni-pannon.hu/doktori/2010/Kismanyoky_Andras_theses_en.pdf Lekérdezés időpontja: 2025.02.22.
94. Kiss, J., Zanker, A., Eke, I. (2017): Az integrált növényvédelem nyolc alapelve. *Növényvédelem* 78 (53): 10. 429-448. p.
95. Kiss, I-né (2000): A kukorica termesztéstechnológiájának áttekintése. *Gyakorlati Agroforum Extra*, 11 (3): 2-9. p.
96. Kohut, Z. (2025): Betiltják a kukoricatermesztést a vízfogyasztás miatt. *Agrárágazat* <https://agraragazat.hu/hir/agrar-torok-kukoricatermesztes-valsag-mezogazdasag/> Lekérdezés időpontja: 2025.08.17.
97. Kone, B., Amadji, G.L., Toure, A., Togola, A., Mariko, M., Huat, J. (2013): A case of *Cyperus* spp. and *Imperata cylindrica* occurrences on Acrisol of the Dahomey Gap in south Benin affected by soil characteristic: a strategy for soil and weed management. *Applied and Environmental Soil Science* 7. Article ID 601058. <https://doi.org/10.1155/2013/601058>
98. Kordbacheh, F., Flaten, D.N., Gulden, R.H. (2023): Weed community dynamics under repeated fertilization with different nutrient sources over 5 years. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 346, 108328. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108328>
99. Korres, N.E., Norsworthy, J.K., Bryne, K.R., Skinner, V., Mauromoustakos, A. (2017): Relationship between soil properties and the occurrence of the most agronomically important weed species in the field margins of eastern Arkansas – implications for weed management in field margins. *Weed Research* 57, 159-171. p.

100. Kovács, E.B. (2024): Fénymag és szárazborsó kultúrák gyomviszonyainak elemzése Gyomaendrőd és Szarvas térségében, ökológiai és konvencionális területeken. Doktori (Ph.D.) disszertáció, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllő
101. Kovács, E.B., Dorner, Z., Csík, D., Zalai, M. (2023): Effect of environmental, soil and management factors on weed flora of field pea in South-East Hungary. *Agronomy* 13, 1864.
102. Kőrösmezei, Cs. (1986): Gyomfelvételezés szükségessége egy veszélyes gyomnövény példáján bemutatva. *Növényvédelem* 20 (8): 373-375. p.
103. Kövespataki, E., Turcsányi-Jérdi, L., Wichmann, B., Saláta-Falusi, E. (2024): Az évjárat hatása magyar szürke szarvasmarha legelő vegetációjára 2022- és 2023-ban — Esettanulmány. *Gyepgazdálkodási Közlemények* 21, 29-36. p.
<https://doi.org/10.55725/gygk/2023/21/2/13499>
104. Kristó, I., Vályi-Nagy, M., Rácz, A., Tar, M., Irmes, K., Szentpéteri, L., Ujj, A. (2022): Effects of weed control treatments on weed composition and yield components of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) and winter pea (*Pisum sativum* L.) intercrops. *Agronomy* 12, 2590.
105. Központi Statisztikai Hivatal (1) A kukorica termelése vármegye és régió szerint online elérhető: https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0072.html Lekérdezés időpontja: 2025.08.21
106. Központi Statisztikai Hivatal (2) A fontosabb növények vetésterülete. online elérhető: <https://www.ksh.hu/s/kiadvanyok/a-fontosabb-novenyek-vetesterulete-2024-junius-1/index.html> (07.19.2025) Lekérdezés időpontja: 2025.08.21
107. Központi Statisztikai Hivatal (3) online elérhető: https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0021.html Lekérdezés időpontja: 2025.08.21
108. Leghari, S. J., Wahocho, N. A., Laghari, G. M., Laghari, A. H., Bhabhan, G. M., Talpur, K. H. (2016): Role of nitrogen for plant growth and development: a review. *Advances in Environmental Biology* 10, 209-218. p.
109. Lehoczy, É. (2000): A gyomnövények tápanyag felvétele és tápelemtartalma. In: Hunyadi, K., Béres, I., Kazinczi, G. (szerk.): *Gyomnövények, gyomirtás, gyombiológia*. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 321–333. p.
110. Li, W., Gao, Q., Liu, Y., Liu, Y., Liu, Y., Miao, C., Zhang, Y., Yi, X. (2024): Response of plants and soils to inundation duration and construction of the plant–soil association mode in the hydro–fluctuation belt of the reservoir wetland. *Journal of environmental management* 357, 120776. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120776>.
111. Liebman, M., Dyck, E. (1993): Crop rotation and intercropping strategies for weed management. *Ecol. Appl.* 3, 92-122. p.
112. Little, N. G., DiTommaso, A., Westbrook, A.S., Ketterings, Q.M., Mohler, C.L. (2021): Effects of Fertility Amendments on Weed Growth and Weed–Crop Competition: A Review. *Weed Science* 69, 132–146. p. <https://doi.org/10.1017/wsc.2021.1>
113. Lososova, Z., Chytrý, M., Cimalova, S., Kropac, Z., Otypkova, Z., Pyšek, P., Tichý, L. (2004): Weed vegetation of arable land in Central Europe: Gradients of diversity and species composition. *J. Veg. Sci.* 15, 415–422. p.
114. Loudyi, M.C., Godron, M., El Khyari, D. (1995): Influence des variables écologiques sur la distribution des mauvaises herbes des cultures du Sais. *Weed Res.* 35, 225–240. p.
115. Lugowska, M., Pawlonka, Z., Skrzyczynska, J. (2016): The effects of soil conditions and crop types on diversity of weed communities. *Acta Agrobot.* 6, 1687.

116. Luo, J.J, Gao, Y., Feng, W., Liu, M., Qu, B., Zhang, C., Feng, Y. (2022): Stronger ability to absorb nitrate and associated transporters in the invasive plant *Xanthium strumarium* compared with its native congener. *Environmental and Experimental Botany* 198, 104851. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2022.104851>.
117. MacDougall, A.S., Turkington, R. (2005): Are invasive species the drivers or passengers of change in degraded ecosystems? *Ecology* 86, 42–55.p .
118. Makhajda J., Széll E. (1998): Gyomirtási kísérletek kukoricában. 44. Növényvédelmi Tudományos Napok, 1998.02.06. Budapest, 158. p.
119. Malicki L., Berbeciowa, Cz. (1986): Uptake of more important mineral components by common field weeds on loess soil. *Acta Agrobot.* 39, 129–141. p.
120. Manna, M.C., Swarup, A., Wanjari, R.H., Mishra, B., Shahi, D.K. (2007): Long-term fertilization, manure and liming effects on soil organic matter and crop yields. *Soil Till Res.* 94, 397–409. p. doi: 10.1016/j.still.2006.08.013
121. Marshall, E. J. P. (2009): The impact of landscape structure and sown grass margin strips on weed assemblages in arable crops and their boundaries. *Weed Research* 49, 107–115. p.
122. Marshall, E.J.P., Brown, V.K., Boatman, N.D., Lutman, P.J.W., Squire, G.R., Ward, L.K. (2003): The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. *Weed Research* 43, 77–89. p.
123. Martin, J.R., Green, J.D. (2009): Weed management, Section 6. In *A Comprehensive Guide to Wheat Management in Kentucky*, 1st ed.; University of Kentucky: Lexington, KY, USA, 2009; 30–41. p.
124. Márton, L. (2013): Hagyományos és hidegtűrő kukorica hibridek gyomnövényekkel való versengésének vizsgálata Doktori (PhD) Értekezés Pannon Egyetem Georgikon Kar, Keszthely
125. Matyukha, V. L., Semenov, S. S. (2024): Influence of cultivation methods on the soil aggregate state in the context of weed development in winter wheat plantations. *Agrology* 7, 14–20. <https://doi.org/10.32819/202402>
126. Menalled, U.D., Ann Bybee-Finley, K., Smith, R.G., DiTomaso, A., Darby, H.M., Pethybridge, J.S., Ryan, M.R. (2024): Legacy effects of crop diversity on weed-crop competition in maize production. *Sustain. Agric.* 2, 28. <https://doi.org/10.1038/s44264-024-00036-y>
127. Moreau, D., Milard, G., Munier-Jolain, N. (2013): A plant nitrophily index based on plant leaf area response to soil nitrogen availability. *Agron. Sustain. Dev.* 33, 809–815. p. <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0145-x>
128. Morishima, H., Oka, H.I. (1976): The impact of copper pollution on weed communities in Japanese rice fields. *Agro-ecosystems* 3, 131–145. p.
129. Moss, S. (2017): Black-grass (*Alopecurus myosuroides*): Why has this Weed become such a Problem in Western Europe and what are the Solutions? *Outlooks on Pest Management* 28, 207–212. p. https://doi.org/10.1564/v28_oct_04
130. Mueller-Dombois, D., Ellenberg, H. (1976): Aims and methods of vegetation ecology. *Geographical Review* 66, 114–116. p.
131. Mukhtar, Z., Setyowati, N., Utami, K., Haris, H.A., Nurjanah, U., Sukisno, S., Hindarto, K.S. (2025): Distribution of weed species and soil nitrogen, phosphorus, and potassium across various land uses in coastal areas. *Int. J. Agric. Technol.* 21, 107–124. p.

132. Munns, R. (2002): Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environ.* 25, 239–250. p.
133. Murphy, C.E., Lemerle, D. (2006): Continuous cropping systems and weed selection. *Euphytica* 148, 61–73. p.
134. Nagy, J. (2021): Kukorica - A nemzet aranya - Élelmiszer, takarmány, bioenergia. Szaktudás Kiadó Ház Rt. Budapest, 516 p
135. Nagy, K. E. (2017): Szegetális élőhelyek gyomvegetációjának vizsgálata Maros megye területén Doktori (PhD) disszertáció Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar Mosonmagyaróvár
136. Nagy, K.E., Pinke, G. (2014): Az erdélyi Maros megye gyomnövényzete. I. Kalászos Vetések. *Magyar Gyomkutatás Technol.* 15, 33–45. p.
137. Nagy, S. (2004): A gyomfelvételezési módszerek fejlesztése a precíziós gyomszabályozás tervezéséhez. Doktori (PhD) disszertáció Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Mosonmagyaróvár
138. Nagy, S., Reisinger, P., Antal, K. (2003): Mapping of distribution of perennial weed species to elaborate precision weed control. In: *3rd International Plant Protection Symposium at Debrecen University*. From ideas till implementation. Challenge and Practice of Plant Protection in the beginning of the 21st century. Debrecen, 15-16. 10. 2003. Proceedings. 300-306. p.
139. Naruhn, G.-P.; Peteinatos, G.G.; Butz, A.F.; Möller, K.; Gerhards, R. (2021): Efficacy of Various Mechanical Weeding Methods - Single and in Combination - In Terms of Different Field Conditions and Weed Densities. *Agronomy* 11, 2084. <https://doi.org/10.3390/agronomy11102084>
140. Natalia R, Abdelhak E, Michelle G, Tian F, Laptev V. (2022): Bioaccumulation of As, Cd, Cr, Cu, Pb, Zn in *Ambrosia artemisiifolia* L. in the polluted area by enterprise for the production and processing of batteries. *Ann Civil Environ Eng.* 6, 026-030. p. DOI: 10.29328/journal.acee.1001036
141. NÉBIH Növényvédő szerek adatbázisa <https://novenyvedoszer.nebih.gov.hu/Engedelykereso/kereso> (letöltve: 2025.07.14.)
142. Ngole-Jeme, V., Makuleke, P. (2020): Soil Heavy Metal Distribution with Depth around a Closed Landfill and Their Uptake by *Datura stramonium*. *Applied and Environmental Soil Science.* 1, 872475. <https://doi.org/10.1155/2020/8872475>.
143. Nordmeyer, H., Dunker, M. (1999): Variable weed densities and soil properties in a weed mapping concept for patchy weed control. In: *European Conference on Precision Agriculture*, Odense Congress Centre, Denmark, 11-15 July, 1999, 453-462. p.
144. Novák, R., Magyar, M., Simon, G., Kadaravek, B., Kadaravekné Guttyán, A., Blazsek, K., Erdélyi, K., Farkas, G., Gyulai, B., Hornyák, A., (2019): A Hatodik Országos Szántóföldi Gyomfelvételezés előzetes eredményei. *Magyar Gyomkutatás és Technológia* 20, 55–58. p.
145. Novák, R., Magyar, M., Simon, G., Kadaravek, B., Kadaravekné Guttyán, A., Nagy, M., Blazsek, K., Erdélyi, K., Farkas, G., Gyulai, B., (2022): Change in the spread of common ragweed in Hungary in the light of the National Arable Weed Survey (1947–2019). In *Proceedings of the International Ragweed Society Conference*, Budapest, Hungary, 8–9 September 2022

146. Ogazie, Chinedum, A., Ochekwu, Edache, B., Agbagwa, Ikechukwu, O., Ugiomoh, Ifeoma, G. (2023): Relationship between soil weed seed bank and soil properties in arable farmlands in University of Port Harcourt and environs in rivers state - Nigeria. *Journal of Agripreneurship and Sustainable Development* 6, 9-20. p. <https://doi.org/10.59331/jasd.v6i2.429>
147. Oreja, F.H., Mahoney, D. J., Jordan, L.D., Jennings, K.M., Vann, M., Leon, R.G. (2023): Crop rotation and herbicide program effects on Palmer amaranth and common ragweed population growth rate. *Crop, Forage & Turfgrass Management* 9. DOI: 10.1002/cft2.20232
148. Pál, R. W.; Pinke, G.; Botta-Dukát, Z.; Campetella, G.; Bartha, S.; Kalocsai, R.; Lengyel, A. (2013): Can management intensity be more important than environmental factors? A case study along an extreme elevation gradient from central Italian cereal fields. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with All Aspects of Plant* 147, 343-353. p. <https://doi.org/10.1080/11263504.2012.753485>
149. Pallutt, B. (1993): Population dynamics and competition of weeds depending on crop rotation and mechanical and chemical control measures in cereals. *Proc. Br. Crop Prot. Conf. Weeds* 3, 1197-1204. p.
150. Patterson, D. T. (1995): Weeds in a changing climate. *Weed Science*, 43, 685-700. p. <https://doi.org/10.1017/S0043174500081832>
151. Patterson, D.T., Westbrook, J.K., Joyce, R.J.V., Lingren, P.D., Rogasik, J. (1999): Weeds, insects, and diseases. *Climatic Change* 43, 711-727. p. <https://doi.org/10.1023/A:1005549400875>.
152. Pekrun, C., Claupein, W. (2006): The implication of stubble tillage for weed population dynamics in organic farming. *Weed Research* 46, 414-423. p.
153. Pepó, P. (2003): Újabb adatok a kukorica hibridspecifikus gyomirtásának fejlesztéséhez. *Gyakorlati Agrofórum Extra* 2, 53-54. p.
154. Pinke, Gy., Pál, R. (2005): Gyomnövényeink eredete, termőhelye és védelme. Alexandra Kiadó, Pécs 234 p.
155. Pinke Gy., Pál R. W., Tóth, K., Karácsony, P., Czúcz, B., Botta-Dukát, Z. (2011): Weed vegetation of poppy (*Papaver somniferum*) fields in Hungary: effects of management and environmental factors on species composition. *Weed Research* 51, 621-630. p.
156. Pinke, G., Blazsek, K., Magyar, L., Nagy, K., Karácsony, P., Czúcz, B., Botta-Dukát, Z. (2016): Weed species composition of conventional soyabean crops in Hungary is determined by environmental, cultural, weed management and site variables. *Weed Research* 56, 470-481. p.
157. Pinke, G., Karácsony, P., Czúcz, B., Botta-Dukát, Z. (2011): Environmental and land-use variables determining the abundance of *Ambrosia artemisiifolia* in arable fields in Hungary. *Preslia* 83, 219–235. p.
158. Pinke, G., Karácsony, P., Czúcz, B., Botta-Dukát, Z. (2018): When herbicides don't really matter: Weed species composition of oil pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) fields in Hungary. *Crop protection* 110, 236-244. p. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2017.06.018>
159. Pinke, Gy., Karácsony, P., Botta-Dukát, Z., Czúcz, B. (2013): Relating *Ambrosia artemisiifolia* and other weeds to the management of Hungarian sunflower crops. *Journal of Pest Science* 86, 621-631. p.

160. Pyšek, P., Jarošík, V., Kropáč, Z., Chytrý, M., Wild, J., Tichý, L. (2005): Effects of abiotic factors on species richness and cover in Central European weed communities. *Agric. Ecosyst. Environ.* 109, 1-8. p.
161. Pyšek, P., Leps, J. (1991): Response of a weed community to nitrogen fertilization: a multivariate analysis. *Veg. Science* 2, 237-244. p.
162. Reisinger P., Lajos, M., Lajos, K., Nagy, S. (2001): Veszélyes gyomfajok táblán belüli elterjedésének térképi ábrázolása a GPS segítségével. *Magyar Gyomkutatás és Technológia* 2 (2): 25–32. p.
163. Reisinger P. (1991): A peszticid terhelés csökkentésének, mérséklésének stratégiája, taktikája Magyarországon. In: 37. Növényvédelmi Tudományos Napok, Budapest, 1991.02.26-27, 27-31. p.
164. Reisinger P. (1996): A csemegekukorica gyomirtása. *Növényvédelem*. 32 (9): 467-468.
165. Reisinger P., Németh L., Kuroli G., Érsek T., Ábrahám R. (2011): Növényvédelem. Debreceni Egyetem, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Pannon Egyetem 160-168. p. <https://dtk.tankonyvtar.hu/handle/123456789/8787?show=full>
166. Reisinger, P. (1995): A kukorica gyomnövényzete és gyomirtása. *Agrofórum*, 6 (5): 72-83. p.
167. Rinanti, A., Fachrul, M., Mahardika, G. (2018): Phytoremediation of heavy metal copper (Cu²⁺) by sunflower (*Helianthus annuus* L.). IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science*, 106, 012120. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/106/1/012120>.
168. Rouag, N., Mekhlouf, A., Makhoul, M., Rouabhi, A. (2015): Biological efficacy trial of several active substances against broadleaf weed herbicides Wheat: case of Veronica species in soft wheat fields (*Triticum aestivum* L.). *Revue Agriculture*, 10, 23–30. p.
169. Sadeghpour, A., Pelzer, C., Cordeau, S., Ketterings, Q., Ryan, M., Wayman, S. (2021): Long-Term Soil Nutrient Management Affects Taxonomic and Functional Weed Community Composition and Structure. *Front. Agron.* 3 n/a <https://doi.org/10.3389/fagro.2021.636179>.
170. Santín-Montanyá, M. I., Zambrana-Quesada, E., Tenorio-Pasamón, J. L. (2018): Weed abundance and soil seedbank responses to tillage systems in continuous maize crops. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 64, 1705–1713. p. <https://doi.org/10.1080/03650340.2018.1453133>
171. Sárvári, M. (2024): Stabil helye van a kukoricának Magyarországon. Agrár Unió <https://www.agrarunio.hu/hirek/novenytermesztes/11713-stabil-helye-van-a-kukoricanak-magyarorszagon> Lekérdezés időpontja: 2024.03.01.
172. Schumacher, M., Ohnmacht, S., Rosenstein, R., Gerhards, R. (2018): How Management Factors Influence Weed Communities of Cereals, Their Diversity and Endangered Weed Species in Central Europe. *Agriculture* 8, 172.
173. Shannon, C.E. (1948): A mathematical theory of communication. *Bell Syst. Tech. J.* 27, 379–423. p.
174. Shaw, W.V. (1982): Integrated weed management systems technology for pest management. *Weed Science* 30, 2-12. p.
175. Soper, H.E., Young, A.W., Cave, B.M., Lee, A., Pearson, K. (1917): On the distribution of the correlation coefficient in small samples. Appendix II to the papers of “Student” and R.A. Fisher. A co-operative study. *Biometrika* 11, 328–413. p.
176. Standovár, T., Richard, B. (2001): Nature Conservation Biology, 1st ed.; Nemzeti Tankönyvkiadó: Budapest, Hungary, 542. p.

177. Storkey, J., Moss, S.R., Cussans, J.W. (2010): Using assembly theory to explain changes in a weed flora in response to agricultural intensification. *Weed Sci.* 58, 39–46. p.
178. Strandberg, B., Axelsen, J.A., Pedersen, M.B., Jensen, J., Attrill, M.J. (2006): Effect of a copper gradient on plant community structure. *Environ. Toxicol. Chem.* 25, 743–753. p.
179. Stupnicka-Rodzyńkiewicz, E., Szylak, A. (1995): Effect of deep loosening of soil on weed infestation of winter wheat cultivated in few crop rotations. *Acta Agrobotanica* 48, 5-14. p. <https://doi.org/10.5586/aa.1995.001>
180. Sutter, J.M., Kalivas, J.H. (1993): Comparison of Forward Selection, Backward Elimination, and Generalized Simulated Annealing for Variable Selection. *Microchemical Journal*, 47, 60–66. p. <https://doi.org/10.1006/mchj.1993.1012>.
181. Sutton, P.B., Foxon, G.A., Beraud, J.M., Anderdon, J., Wichert, R. (1999): Integrated weed management systems for maize using mesotrione, nicosulfuron and acetochlor. In: *The 1999 Brighton Crop Protection Conference*, Brighton, UK, 15-18.11.1999, 1, 225-230. p.
182. Szieberth D. (2021): A kukorica vízleadása. Magyar Kukorica Klub, 2021, [https://www.magyarkukoricaklub.hu/data/file/2021/08/08/a-kukorica-vizleadasa.pdf?show=Lekérdezés időpontja: 2025.07.11](https://www.magyarkukoricaklub.hu/data/file/2021/08/08/a-kukorica-vizleadasa.pdf?show=Lekérdezés%20időpontja:2025.07.11).
183. Tarnawa, Á., Virág, I., Tóth, Z., Kovács, G.P., Gyuricza, C., Széles, A., Ragán, P., Riczu, P., Pecze, Z., Kovács, A.J., Szegi, T., Zalai, M. (2025): A precíziós gazdálkodás technológiai elemei, 343-452. in: Balla, I.; Milics, G. (szerk.): *Precíziós gazdálkodás a szántóföldi növénytermesztésben. Jövedelmezőség és termésbiztonság a XXI. században.* MATE, Gödöllő, 2025, p. 671.
184. Teasdale, J.R., Cavigelli, M.A. (2010): Subplots facilitate assessment of corn yield losses from weed competition in a long-term systems experiment. *Agron. Sustain. Dev.* 30, 445–453. p.
185. Tóth, E., Dorner, Z., Nagy, J.G., Zalai, M. (2025): How Weed Flora Evolves in Cereal Fields in Relation to the Agricultural Environment and Farming Practices in Different Sub-Regions of Eastern Hungary. *Agronomy* 15, 1033. <https://doi.org/10.3390/agronomy15051033>
186. Trufanov, A., Gornich, E., Voronin, A., Vaganova, N., Shchukin, S. (2022): Effect of minimum tillage, fertilizers and herbicides on weed abundance and crop yields. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Smolensk, Russia, 23.01-27.01.2022.
187. Tubiello, F. N., Soussana, J. F., Howden, S. M. (2007): Crop and pasture response to climate change. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 104, 19686–19690. p. doi: 10.1073/pnas.0701728104
188. Ughy, P. (2025): ALS- és ACC-áz gátló hatóanyagokkal szembeni rezisztens parlagi ecsetpázsit (*Alopecurus myosuroides* Huds.) megjelenése Magyarországon. 71. Növényvédelmi Tudományos Nap, Budapest 2025.02.18. elérhető <https://magyarnovenyvedelmitarsasag.hu/sites/default/files/1NTNkiadvany/NTN71Kiadvany2025.pdf>
189. Ujvárosi, M. (1973): Gyomnövények. Mezőgazdasági Könyvkiadó Vállalat Budapest 833p
190. van der Maarel, E.; Franklin, J. (2013): Vegetation ecology: Historical notes and outline. *Weed Ecology* 2, 1-27.
191. Varga L., Szabó L. (2008): A kukorica gyomirtása. *Növényvédelem* 44. (5) 229-238.
192. Varga P., Béres I., Reisinger, P. (2000): A kukorica és főbb gyomnövényei közötti kompetíció szántóföldi kísérletekben. *Acta Agronomica Óvariensis* 42, 101-114.

193. Varga-Haszonits, Z., Varga, Z., Lantos, Zs., Enzsölné, G.E., Gerencsér, E. (2008): Az éghajlati változékonyság és az agroökoszisztémák, 1st ed.; NYME MÉK, Mosonmagyaróvár, 410 p.
194. Vidotto, F., Fogliatto, S., Milan, M., Ferrero, A. (2016): Weed communities in Italian maize fields as affected by pedo-climatic traits and sowing time. *European Journal of Agronomy*, 74, 38–46. p. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.11.018>.
195. Walter, A. M., Chritensen, S., Simmelsgaard, S.E. (2002): Spatial correlation between weed species densities and soil properties. *Weed Research* 42, 26–38.
196. Weaver, S.E., Hamill, A.S. (1985): Effects of Soil pH on Competitive Ability and Leaf Nutrient Content of Corn (*Zea mays* L.) and Three Weed Species. *Weed Sci.* 33, 447–451. p. <https://doi.org/10.1017/S0043174500082631>
197. Williams, J.W., Webb, T., Richard, P.H.; Newby, P. (2000): Late quaternary biomes of Canada and the eastern United States. *J. Biogeogr.* 27, 585–607. p.
198. Wu, Y., Li, P., Wu, C., Fu, W., Hao, J. (2009) The distribution characteristics of nitrogen and phosphorus in the ecological system of Mt. Beigu wetland. *Chinese Journal of Geochemistry* 28, 55–60. p. <https://doi.org/10.1007/S11631-009-0055-4>.
199. Xiang M, Qu M, Wang G, Ma Z, Chen X, Zhou Z, Qi J, Gao X, Li H, Jia H. (2024): Crop detection technologies, mechanical weeding executive parts and working performance of intelligent mechanical weeding: a review. *Front Plant Sci.* Mar 14;15:1361002. doi: 10.3389/fpls.2024.1361002. PMID: 38550283; PMCID: PMC10973117.
200. Xue, C., Sun, L., Liu, Z., Qu, B., Gao, Y., Tai, P., Guo, C., Liu, W., Chang, W. (2022): Grafting with an invasive *Xanthium strumarium* improves tolerance and phytoremediation of native congener *X. sibiricum* to cadmium/copper/nickel tailings. *Chemosphere*, 308, 136561. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.136561>.
201. Yang, W. (2018): Effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer on growth and seed germination of *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medikus. *Journal of Plant Nutrition* 41, 636 - 644. p. <https://doi.org/10.1080/01904167.2017.1415350>
202. Yenish, J.P.; Doll, J.D.; Buhler, D.D. (1992): Effects of Tillage on Vertical Distribution and Viability of Weed Seed Soil. *Weed Sci.* 40,429–433. p.
203. Zalai, M. (2025): Növényvédelem, pp. in: Balla, I.; Milics, G. (szerk.): *Precíziós gazdálkodás a szántóföldi növénytermesztésben. Jövedelmezőség és termésbiztonság a XXI. században.* MATE, Gödöllő
204. Zalai, M., Baa, K., Kiss-Elek, Sz., Nagy, A., Dorner, Z. (2016): A herbicid kijuttatás időzítésének hatása a kalászosok gyomszabályozásában különös tekintettel a nagy széltippan (*Apera spica-venti* (L.) P. B.) elleni védekezés hatékonyságára. *Magyar Gyomkutatás és Technológia* 17: (2) 47–54. p.
205. Zalai, M., Dorner, Z., Kolozsvári, L., Szalai, M. (2012): A gyomfelvételezés pontosságát befolyásoló tényezők vizsgálata kukoricában. *Növényvédelem* 48 (10) p. 451–456.
206. Zubko, V., Sokolik, S., Khvorost, T., Melnyk, V. (2021): Factors affecting quality of tillage with disc harrow, engineering for rural development. *Eng. Rural Dev.* 26, 1193–1199. p.

10.2. Függelék

A1 táblázat: A vizsgált táblák száma kultúránkénti, régiókénti és éves bontásban.

Kultúra	Régió ssz.	2018	2019	2020	2021	Összes
Kukorica	1	5	17	5	5	27
	2	13	5	6	13	40
	3	10	5	2	4	23
	összes	28	27	13	22	90
Őszi búza	1	2	9	8	6	28
	2a	7	10	2	5	25
	2b	2	4	7	10	19
	3	11	10	3	7	31
	összes	22	33	20	28	103

A2 táblázat: A vizsgált régiók meteorológiai adatai havi bontásban (HUNGAROMET 2025)

Év	Hónap	Régió 1 ^{A B}		Régió 2 ^A		Régió 2a ^B		Régió 2b ^B		Régió 3 ^{A B}	
		Csapadék (mm)	Átlaghőm. (°C)	Csapadék (mm)	Átlaghőm. (°C)	Csapadék (mm)	Átlaghőm. (°C)	Csapadék (mm)	Átlaghőm. (°C)	Csapadék (mm)	Átlaghőm. (°C)
2017	Május	65,0	16,0	57,9	16,8	49,9	16,0	59,3	16,4	24,2	16,9
	Június	75,4	20,5	55,0	21,4	78,1	20,1	83,0	20,7	111,5	21,7
	Július	66,3	20,6	54,5	21,4	71,8	20,1	55,2	20,8	81,8	22,3
	Augusztus	33,2	21,8	36,4	22,7	32,3	21,0	89,0	21,8	36,6	22,8
	Szeptember	75,5	15,3	72,3	16,0	66,0	14,8	66,4	15,1	96,5	16,3
	Október	50,1	10,1	39,5	10,4	34,4	9,4	43,5	9,6	38,7	11,1
	November	51,2	4,8	53,4	5,3	53,0	4,7	64,2	4,7	43,2	5,6
	December	45,7	1,3	75,7	2,2	90,3	2,4	94,4	2,0	100,6	2,7
2018	Január	16,1	1,6	15,9	2,0	22,0	1,6	20,0	1,7	22,0	2,8
	Február	67,0	-0,6	52,9	0,1	55,6	-0,1	45,8	-0,1	77,4	0,7
	Március	50,9	2,6	57,1	3,0	71,6	2,6	60,6	2,7	86,1	3,7
	Április	22,2	14,8	18,2	15,7	18,5	15,0	18,2	15,2	18,9	16,1
	Május	52,8	18,9	44,4	19,6	53,6	18,8	48,0	19,0	109,9	19,4
	Június	73,5	20,2	74,4	20,8	69,5	20,3	44,8	20,9	59,8	20,9
	Július	50,7	21,6	22,8	22,6	49,2	21,2	61,9	21,9	93,5	22,1
	Augusztus	40,9	23,0	26,2	23,8	29,8	22,1	25,6	23,0	25,0	23,6
	Szeptember	8,4	17,2	11,0	18,0	20,9	15,7	23,3	16,7	21,5	17,6
	Október	17,4	11,9	15,2	12,6	14,4	11,4	26,0	11,4	13,5	13,2
	November	45,2	5,9	44,5	6,3	45,9	5,9	40,9	5,8	45,7	7,2
	December	42,1	-0,8	44,9	0,1	52,0	0,3	54,1	0,2	49,0	1,0
2019	Január	19,0	-2,1	32,6	-1,9	39,4	-1,7	46,0	-2,1	48,0	-0,8
	Február	8,1	2,0	8,7	2,8	8,9	2,6	9,8	2,4	7,7	3,6
	Március	2,6	7,9	2,2	8,5	8,0	7,7	6,2	7,7	2,4	8,7
	Április	40,3	12,4	41,7	12,9	41,9	12,4	46,1	12,6	51,3	12,6
	Május	112,7	14,0	86,6	14,7	93,8	14,0	93,9	14,5	117,2	14,7

^A Kukorica szempontjából vizsgált régió; ^B Őszi búza szempontjából vizsgált régió

A2 táblázat folytatása: A vizsgált régiók meteorológiai adatai havi bontásban (HUNGAROMET 2025)

Év	Hónap	Régió 1 ^{A B}		Régió 2 ^A		Régió 2a ^B		Régió 2b ^B		Régió 3 ^{A B}	
		Csapadék (mm)	Átlaghőm. (°C)	Csapadék (mm)	Átlaghőm. (°C)	Csapadék (mm)	Átlaghőm. (°C)	Csapadék (mm)	Átlaghőm. (°C)	Csapadék (mm)	Átlaghőm. (°C)
2019	Június	65,4	22,3	81,6	23,1	100,1	21,9	50,0	23,0	78,9	23,0
	Július	52,3	20,7	97,8	21,5	107,1	19,8	79,5	20,6	67,5	21,7
	Augusztus	63,5	21,9	31,2	23,1	20,5	21,5	14,5	22,3	16,1	23,3
	Szeptember	46,6	15,9	36,9	16,9	34,2	15,3	19,7	16,2	44,3	17,3
	Október	23,4	11,1	25,6	12,1	19,8	10,7	21,3	10,8	16,7	12,3
	November	78,0	7,9	91,4	8,8	76,2	8,5	90,1	8,6	66,5	9,6
	December	58,5	1,8	68,2	2,8	54,8	2,6	60,6	2,6	35,4	3,5
2020	Január	15,1	-1,8	18,7	-1,3	21,3	-1,7	22,6	-1,3	12,9	-1,1
	Február	25,8	3,9	36,0	4,3	43,4	3,8	45,0	3,6	63,1	5,1
	Március	20,5	6,1	28,3	6,7	36,6	5,8	36,5	5,9	60,1	6,8
	Április	10,6	10,6	4,0	11,2	15,7	10,1	7,4	10,6	11,1	11,0
	Május	26,4	13,7	34,2	14,4	44,2	13,5	40,2	13,5	41,3	14,5
	Június	120,8	19,6	188,0	20,2	140,3	19,5	159,9	20,1	110,7	20,4
	Július	49,4	20,4	91,7	21,1	95,4	19,9	73,3	20,6	110,7	21,5
	Augusztus	66,5	21,9	66,5	22,5	62,1	21,1	56,2	21,9	57,5	22,9
	Szeptember	35,9	16,9	39,6	17,8	44,0	16,1	67,9	16,7	28,9	18,1
	Október	106,4	11,1	89,1	11,9	74,7	11,1	77,7	11,3	110,9	12,3
	November	21,6	4,5	19,0	4,8	18,5	4,2	18,8	4,5	17,2	5,2
	December	41,6	3,1	46,0	3,7	46,1	4,0	49,8	3,6	45,0	4,2
2021	Január	49,8	0,5	61,1	0,9	59,8	0,8	79,5	0,6	56,6	1,7
	Február	41,1	0,6	49,0	1,5	46,6	1,5	71,2	0,8	34,0	3,0
	Március	10,1	4,4	14,5	4,9	19,0	3,9	18,0	4,1	10,7	5,2
	Április	68,4	8,2	55,8	8,7	60,0	8,0	56,1	8,5	41,3	8,9
	Május	90,9	14,0	70,4	14,6	66,9	14,0	56,0	14,4	100,5	14,6
	Június	15,6	21,2	27,1	22,0	19,6	20,9	10,3	21,7	21,3	22,1

^A Kukorica szempontjából vizsgált régió; ^B Őszi búza szempontjából vizsgált régió

A3. táblázat: A kukorica táblákban elvégzett vizsgálatban rögzített valamennyi faj taxonómiai és ökológiai jellemzői, beleértve a tudományos nevet, a rendszertani besorolást, a domináns fotoszintetikus típust, az életformát, a regionális előfordulást, az átlagos borítottságot és az állandósági értékeket

Tudományos név	Család	Domináns fotoszintézis típus	Életforma- csoport	Borítás (%)				Konstancia (%)
				Regió 1	Regió 2	Regió 3	Átlag	
<i>Abuthilon theophrasti</i>	Malvaceae	C3	T4	0,41	0,02	0,08	0,15	14
<i>Amaranthus blitoides</i>	Amaranthaceae	C4	T4	0,41	-	0,01	0,13	3
<i>Amaranthus blitum</i>	Amaranthaceae	C4	T4	-	0,39	-	0,18	5
<i>Amaranthus chlorostachis</i>	Amaranthaceae	C4	T4	-	-	0,02	0,01	2
<i>Amaranthus retroflexus</i>	Amaranthaceae	C4	T4	0,74	0,11	0,21	0,33	32
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	Asteraceae	C3	T4	0,19	0,29	0,32	0,27	35
<i>Aristolochia clematitis</i>	Aristolochiaceae	C3	G3	0,14	-	-	0,04	4
<i>Asclepias syriaca</i>	Apocynaceae	C3	G3	-	-	0,02	<0,01	1
<i>Brassica napus</i>	Brassicaceae	C3	T2(HT)	0,05	0,01	0,02	0,02	6
<i>Calamagrostis epigeios</i>	Poaceae	C3	G1	-	-	0,03	0,01	2
<i>Cannabis sativa</i>	Cannabaceae	C3	T4	-	0,05	-	0,02	2
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Brassicaceae	C3	T1-T2	0,28	0,01	<0,01	0,09	13
<i>Chenopodium album</i>	Amaranthaceae	C3–C4 ^D	T4	2,10	1,26	1,05	1,46	67
<i>Chenopodium hybridum</i>	Amaranthaceae	C3	T4	0,04	0,01	0,04	0,02	4
<i>Chenopodium polyspermum</i>	Amaranthaceae	C3	T4	-	-	0,09	0,02	5
<i>Cirsium arvense</i>	Asteraceae	C3	G1	0,53	-	0,93	0,39	22
<i>Convolvulus arvensis</i>	Convolvulaceae	C3	G3	0,16	0,03	0,40	0,16	34
<i>Datura stramonium</i>	Solanaceae	C3	T4	<0,01	-	1,39	0,36	9
<i>Echinochloa crus-galli</i>	Poaceae	C4	T4	5,84	0,34	0,35	1,99	71
<i>Equisetum arvense</i>	Equisetaceae	C3	G1	0,07	0,04	-	0,04	4
<i>Fallopia convolvulus</i>	Polygonaceae	C3	T4	0,54	0,01	0,01	0,17	20
<i>Galinsoga parviflora</i>	Asteraceae	C3	T4	0,01	-	-	<0,01	1
<i>Galium aparine</i>	Rubiaceae	C3	T2	0,21	-	-	0,06	2
<i>Helianthus annuus</i>	Asteraceae	C3	T4	0,72	0,13	0,40	0,37	49
<i>Hibiscus trionum</i>	Malvaceae	C3	T4	0,21	0,74	1,42	0,76	50
<i>Iva xanthiifolia</i>	Asteraceae	C3	T4	-	-	0,04	0,01	4
<i>Lamium purpureum</i>	Lamiaceae	C3	T2	0,01	-	-	<0,01	2
<i>Lathyrus tuberosus</i>	Solanaceae	C3	G3	-	-	0,05	0,01	5
<i>Medicago lupulina</i>	Fabaceae	C3	T4	0,01	-	-	0,00	2
<i>Panicum miliaceum</i>	Poaceae	C4	T4	1,12	0,19	0,08	0,44	13
<i>Papaver rhoeas</i>	Papaveraceae	C3	T2	0,01	-	-	<0,01	1
<i>Persicaria amphibia</i>	Polygonaceae	C3	G1	0,01	-	-	<0,01	1
<i>Persicaria lapathifolia</i>	Polygonaceae	C3	T4	0,12	0,40	-	0,21	16
<i>Persicaria maculosa</i>	Polygonaceae	C3	T4	0,01	-	-	<0,01	1
<i>Phalaris canariensis</i>	Poaceae	C3	T4	-	-	0,01	<0,01	1
<i>Pisum sativum</i>	Fabaceae	C3	T2	-	0,05	-	0,02	3

A3. táblázat folytatása: A kukorica táblákban elvégzett vizsgálatban rögzített valamennyi faj taxonómiai és ökológiai jellemzői, beleértve a tudományos nevet, a rendszertani besorolást, a domináns fotoszintetikus típust, az életformát, a regionális előfordulást, az átlagos borítottságot és az állandósági értékeket

Tudományos név	Család	Domináns fotoszintézis típus	Életforma- csoport	Borítás (%)				Konstancia (%)
				Regió 1	Regió 2	Regió 3	Átlag	
<i>Polygonum aviculare</i>	Polygonaceae	C3	T4	0,09	0,01	-	0,03	4
<i>Portulaca oleracea</i>	Portulacaceae	C4	T4	-	1,92	0,07	0,87	21
<i>Raphanus raphanistrum</i>	Fabaceae	C3	T4	-	<0,01	0,07	0,02	6
<i>Rubus caesius</i>	Rosaceae	C3	G1	0,39	<0,01	-	0,12	9
<i>Setaria viridis</i>	Poaceae	C4	T4	-	0,26	0,01	0,12	6
<i>Silybum marianum</i>	Asteraceae	C3	HT	-	-	0,05	0,01	1
<i>Solanum dulcamara</i>	Solanaceae	C3	Ph	-	-	0,23	0,06	2
<i>Sonchus asper</i>	Asteraceae	C3	T4	<0,01	-	-	<0,01	1
<i>Stachys annua</i>	Lamiaceae	C3	T4	0,05	-	0,07	0,03	11
<i>Stellaria media</i>	Caryophyllaceae	C3	T2	<0,01	-	-	<0,01	1
<i>Tripleurospermum inodorum</i>	Asteraceae	C3	T4	0,12	-	-	0,04	4
<i>Triticum aestivum</i>	Poaceae	C3	T2	0,04	-	-	0,01	4
<i>Veronica hederifolia</i>	Scrophulariaceae	C3	T2	<0,01	-	-	<0,01	1
<i>Xanthium italicum</i>	Asteraceae	C3	T4	0,10	-	0,38	0,13	5
<i>Xanthium strumarium</i>	Asteraceae	C3	T4	0,05	1,06	0,10	0,51	27

A4. táblázat: Az őszi búza táblákban elvégzett vizsgálatban rögzített valamennyi faj taxonómiai és ökológiai jellemzői, beleértve a tudományos nevet, a rendszertani besorolást, a domináns fotoszintetikus típust, az életformát, a regionális előfordulást, az átlagos borítottságot és az állandósági értékeket

Tudományos név	Család	Domináns fotoszintézis típus	Életforma- csoport	Borítás				Konstancia	
				Régió1	Régió2A	Régió2B	Régió3	Átlag	(%)
<i>Amarathus retroflexus</i>	Amaranthaceae	C4	T4	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	1,94
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	Asteraceae	C3	T4	-	0,61	0,10	0,26	0,24	17,48
<i>Anthemis austriaca</i>	Asteraceae	C3	T2	0,01	-	-	-	<0,01	0,97
<i>Apera spica-venti</i>	Poaceae	C3	T2	0,02	0,88	1,53	0,01	0,50	23,30
<i>Avena fatua</i>	Poaceae	C3	T3	-	-	-	0,01	<0,01	1,94
<i>Brassica napus</i>	Brassicaceae	C3	T2(HT)	0,02	0,04	0,10	-	0,03	9,71
<i>Bromus sterilis</i>	Poaceae	C3	T2	-	-	0,02	-	<0,01	0,97
<i>Cannabis sativa</i>	Cannabaceae	C3	T4	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	2,91
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Brassicaceae	C3	T1-T2	0,14	<0,01	0,03	0,04	0,06	19,42
<i>Cardaria draba</i>	Brassicaceae	C3	G1	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01	3,88
<i>Centaurea cyanus</i>	Asteraceae	C3	T2	-	<0,01	-	<0,01	<0,01	2,91
<i>Cerastium dubium</i>	Caryophyllaceae	C3	T2	<0,01	-	-	0,06	0,02	6,80
<i>Chenopodium album</i>	Amaranthaceae	C3/C4	T4	0,02	0,01	<0,01	0,02	0,01	22,33
<i>Chenopodium hybridum</i>	Amaranthaceae	C3	T4	0,01	-	-	<0,01	<0,01	4,85
<i>Chenopodium polyspermum</i>	Amaranthaceae	C3	T4	-	-	-	<0,01	<0,01	1,94
<i>Cichorium intybus</i>	Asteraceae	C3	HT	-	-	0,01	-	<0,01	0,97
<i>Cirsium arvense</i>	Asteraceae	C3	G1	<0,01	0,02	0,04	0,45	0,15	22,33
<i>Consolida sp</i>	Ranunculaceae	C3	T2	<0,01	0,05	0,02	0,03	0,02	12,62
<i>Convolvulus arvensis</i>	Convolvulaceae	C3	G3	<0,01	-	-	0,05	0,02	12,62
<i>Datura stramonium</i>	Solanaceae	C3	T4	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	3,88
<i>Daucus carota</i>	Apiaceae	C3	HT	-	-	<0,01	-	<0,01	0,97
<i>Descurainia sophia</i>	Brassicaceae	C3	T1-T2	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	0,01	4,85
<i>Elymus repens</i>	Poaceae	C3	G1	-	-	0,25	-	0,05	1,94
<i>Fallopia convolvulus</i>	Polygonaceae	C3	T4	<0,01	<0,01	<0,01	0,12	0,04	11,65
<i>Fumaria schleicheri</i>	Papaveraceae	C3	T1	-	0,01	-	-	<0,01	0,97
<i>Galium aparine</i>	Rubiaceae	C3	T2	0,01	-	0,03	0,01	0,01	7,77
<i>Helianthus annuus</i>	Asteraceae	C3	T4	0,01	-	0,04	0,23	0,08	23,30
<i>Heliotropium europaeum</i>	Boraginaceae	C3	T4	-	-	-	<0,01	<0,01	0,97
<i>Hibiscus trionum</i>	Malvaceae	C3	T4	<0,01	-	-	0,03	0,01	9,71
<i>Lactuca serriola</i>	Asteraceae	C3	HT	-	-	<0,01	-	<0,01	0,97
<i>Lamium amplexicaule</i>	Lamiaceae	C3	T1	<0,01	0,01	0,25	0,18	0,10	13,59
<i>Lamium purpureum</i>	Lamiaceae	C3	T1	<0,01	-	0,01	<0,01	<0,01	3,88
<i>Lycopus exaltatus</i>	Lamiaceae	C3	G1	-	0,01	-	-	<0,01	0,97
<i>Medicago sativa</i>	Fabaceae	C3	HT	-	-	0,03	-	0,01	0,97
<i>Myosurus minimus</i>	Ranunculaceae	C3	T1	-	-	-	<0,01	<0,01	0,97
<i>Papaver rhoeas</i>	Papaveraceae	C3	T2	<0,01	0,02	0,05	0,01	0,02	10,68

A4 Táblázat folytatása: Az őszi búza táblákban elvégzett vizsgálatban rögzített valamennyi faj taxonómiai és ökológiai jellemzői, beleértve a tudományos nevet, a rendszertani besorolást, a domináns fotoszintetikus típust, az életformát, a regionális előfordulást, az átlagos borítottságot és az állandósági értékeket

Tudományos név	Család	Domináns fotoszintézis típus	Életforma- csoport	Borítás (%)				Konstancia	
				Régió1	Régió2A	Régió2B	Régió3	Átlag	(%)
<i>Phragmites australis</i>	Poaceae	C3	G1	-	0,01	-	-	<0,01	0,97
<i>Pisum sativum</i>	Fabaceae	C3	HT	<0,01	-	-	-	<0,01	1,94
<i>Plantago lanceolata</i>	Plantaginaceae	C3	H	<0,01	-	-	-	<0,01	1,94
<i>Polygonum aviculare</i>	Polygonaceae	C3	T4	-	-	0,02	0,01	0,01	4,85
<i>Prunus spinosa</i>	Rosaceae	C3	N	-	-	-	<0,01	<0,01	0,97
<i>Ranunculus repens</i>	Ranunculaceae	C3	G1	-	-	0,01	<0,01	<0,01	1,94
<i>Raphanus raphanistrum</i>	Brassicaceae	C3	T2	-	0,02	-	-	<0,01	1,94
<i>Sinapis arvensis</i>	Brassicaceae	C3	T2	-	<0,01	-	0,06	0,02	8,74
<i>Sonchus asper</i>	Asteraceae	C3	T4	<0,01	-	-	<0,01	<0,01	2,91
<i>Stachys annua</i>	Lamiaceae	C3	T4	-	-	-	<0,01	<0,01	0,97
<i>Stellaria media</i>	Caryophyllaceae	C3	T1	3,12	0,07	0,37	0,18	0,99	41,75
<i>Taraxacum officinale</i>	Asteraceae	C3	H	<0,01	-	-	-	<0,01	0,97
<i>Tripleurospermum inodorum</i>	Asteraceae	C3	T2	0,23	<0,01	0,47	0,33	0,25	27,18
<i>Veronica hederifolia</i>	Scrophulariaceae	C3	T1	-	0,06	3,70	2,07	1,32	27,18
<i>Veronica polita</i>	Scrophulariaceae	C3	T1	<0,01	-	<0,01	-	<0,01	1,94
<i>Vicia villosa</i>	Fabaceae	C3	HT/T2	-	<0,01	-	-	<0,01	0,97
<i>Viola arvensis</i>	Violaceae	C3	T2	0,01	-	1,00	0,01	0,19	11,65
<i>Xanthium italicum</i>	Asteraceae	C3	T4	-	-	-	0,31	0,09	9,71

10.3. A kutatás témájában megjelent publikációk jegyzéke

1. TÓTH, E. – DORNER, Z. – NAGY, J.G. – ZALAI, M. (2025): How weed flora evolves in cereal fields in relation to the agricultural environment and farming practices in different sub-regions of Eastern Hungary. *Agronomy*, 15: 1033.
<https://doi.org/10.3390/agronomy15051033>
2. ZALAI, M. – TÓTH, E. – NAGY, J.G. – DORNER, Z. (2025): Regional patterns in weed composition of maize fields in Eastern Hungary: the balance of environmental and agricultural factors. *Agronomy*, 15: 1814.
<https://doi.org/10.3390/agronomy15081814>
3. TÓTH, E. – ZALAI, M. (2019): A talajtípus és az elővetemény hatása kukorica és kalászos táblák gyomflóra-összetételére Békés, Borsod-Abaúj-Zemplén és Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében. *Magyar Gyomkutatás és Technológia*, 20 (2): 47-62.
4. TÓTH, E. – ZALAI, M. (2019): A talajtípus és az elővetemény hatása kukorica és kalászos táblák gyomflóraösszetételére Békés, Borsod-Abaúj-Zemplén és Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében. 65. Növényvédelmi Tudományos Napok, Budapest, pp. 71.
5. TÓTH, E. – ZALAI, M. (2020): A talajtípus, a földrajzi elhelyezkedés és az elővetemény hatása kalászos táblák gyomflóra-összetételére Békés, Borsod-Abaúj-Zemplén, Hajdú-Bihar és Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében 2019-ben. 66. Növényvédelmi Tudományos Napok, Budapest, pp. 75.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, Dr. Zalai Mihály egyetemi docensnek a kutatómunkámban nyújtott segítségéért, támogatásáért, útmutatásáért. Köszönetemet fejezem ki Dr. Dorner Zita egyetemi docensnek és Dr. Nagy János György egyetemi docensnek szakmai segítségéért, tanácsaiért, a Növényvédelmi Intézet minden munkatársának, valamint mindenkinek, aki valamilyen formában hozzájárult dolgozatom elkészítéséhez.